ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE AGRONOMIQUE
Chaire d'Agriculture
GRIGNON

annales de zoologie écologie animale

inra

AZEA3.1

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, PARIS-VII^e^. Tél. : INV. 41-09.

Directeur général : J. BUSTARRET

Inspecteurs généraux : A. CAUDERON, G. DROUINEAU, R. FÉVRIER, P. MORNET, R. PÉRO

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : J. BUSTARRET

Annales agronomiques.

— M. HALLAIRE, Chef du Département de Bioclimatologie.
— S. HÉNIN, Chef du Département d'Agronomie.

Annales de l'Amélioration des Plantes.

— R. MAYER, Chef du Département de Génétique et d'Amélioration des Plantes.

Annales de Phytopathologie.

— H. DARPOUX, Chef du Département de Pathologie végétale.

Annales de Zoologie - Écologie animale.

— E. BILIOTTI, Chef du Département de Zoologie.

Annales de Zootechnie.

— R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
— A.-M. LEROY, Professeur honoraire à l'Institut national agronomique.
— A. RÉRAT, Directeur de la Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs, C. N. R. Z.

Annales de Technologie agricole.

— P. DUPUY, Directeur de la Station de Technologie des Produits végétaux, Centre de Recherches de Dijon, 7, rue Sully.
— A. GUILBOT, Directeur de la Station de Biochimie et Physico-Chimie des Céréales et de leurs Dérivés, C. E. R. D. I. A., Le Noyer-Lambert, 91 - Massy.
— G. MOCQUOT, Chef du Département de Technologie des Produits animaux.

Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique.

— A. FRANÇOIS, Chef du Département de Recherches de Nutrition.
— C. THIBAULT, Chef du Département de Physiologie animale.

Annales des Sciences forestières.

— P. BOUVAREL, Directeur de la Station d'Amélioration des Arbres forestiers, C. N. R. F.
— J.-P. CHESNEAU, École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 54 - Nancy.
— J. PARDÉ, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production, C. N. R. F.

Annales de Génétique et de Sélection animale.

— J. POLY, Chef du Département de Génétique animale.

Apidologie (Revue franco-allemande, co-édition I. N. R. A.-Deutscher Imkerbund).

— J. LOUVEAUX, Directeur de la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux 91 - Bures-sur-Yvette.

Annales de Recherches vétérinaires.

— P. MORNET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales d'Hydrobiologie.

— R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
— C. THIBAULT, Chef du Département de Physiologie animale.
— R. VIBERT, Directeur de la Station d'Hydrobiologie, 64 - Biarritz.

Annales d'Économie et de Sociologie rurales.

— D. BERGMANN, Chef du Département d'Économie et de Sociologie rurales.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :

Service des Publications de l'I. N. R. A., route de Saint-Cyr, 78 - VERSAILLES, Tél. : 950-75-22

ANNALES
DE
ZOOLOGIE
ÉCOLOGIE ANIMALE

VOLUME 3
1971

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
149, rue de Grenelle, PARIS-7e

Ann. Zool. Écol. anim., 1971, **3** (1), 5-15.

LES ÉTUDES DE DÉMOGRAPHIE CHEZ LES COCHENILLES DIASPINES. APPLICATIONS A TROIS ESPÈCES NUISIBLES A L'ORANGER EN TUNISIE. CAS PARTICULIER D'UNE ESPÈCE A GÉNÉRATIONS CHEVAUCHANTES : *PARLATORIA ZIZIPHI* LUCAS

B. SIGWALT

Office de la Recherche scientifique et technique d'Outre-Mer
Mission Tunisie (1)

RÉSUMÉ

L'étude démographique des populations de Cochenilles Diaspines à générations chevauchantes pose des problèmes d'échantillonnage complexes, limitant les possibilités de construction des tables de mortalité. Chez *Parlatoria ziziphi* LUCAS, sur Oranger, la génération de printemps qui s'installe sur la nouvelle végétation se comporte comme une génération séparée, élément simple de la population complète. Une première table de mortalité a pu être établie.

INTRODUCTION

Les études de démographie chez les insectes utilisent de plus en plus largement la construction de tables de mortalité. Celles-ci permettent de déterminer l'importance relative des facteurs responsables de l'évolution d'une population. Dans la suite de l'étude, on peut isoler ceux qui sont à l'origine des fluctuations, facteurs-clé de MORRIS, et mettre en évidence les points de faiblesse du cycle biologique (GERI et DUSAUSSOY, 1966). On passe alors naturellement aux travaux de lutte biologique ou de lutte intégrée.

(1) Adresse actuelle : Projet F. A. O., Station de Recherches agricoles, Chania, Crête (Grèce).

Lorsque l'espèce présente des générations chevauchantes, la construction de tables de mortalité pose des problèmes particuliers. On peut en effet envisager (SOUTHWOOD, 1966) :

— des tables de mortalité « horizontales » qui décrivent l'évolution numérique des générations successives issues d'une population mère, déterminée à l'origine par l'observateur. Cette population, constituée en principe par des individus se trouvant tous au même stade d'évolution, définit une « cohorte » réelle. Le passage de cette cohorte aux différents stades d'évolution sera plus ou moins facile à observer suivant le degré de synchronisation du cycle, c'est-à-dire suivant le degré de chevauchement des différents stades. A la limite, lorsque le chevauchement dépasse une génération complète, l'isolement suivi de la cohorte initiale au sein de la population totale devient pratiquement impossible ;

— des tables « verticales » qui s'appliquent aux espèces à générations chevauchantes. Leur emploi est toutefois limité aux populations dans lesquelles on peut déterminer une *structure d'âge* (PRESSAT, 1961). Le calcul des « indices démographiques » introduit en outre l'hypothèse d'une population stationnaire. Chez les insectes où on ne détermine le plus souvent qu'une *structure par stades* s'approchant rarement d'une structure d'âge, cette technique est également peu applicable, d'autant plus que la recherche a précisément pour objet l'étude des facteurs de fluctuations.

L'examen des populations d'insectes à générations chevauchantes est ainsi relativement limité ou fractionné suivant des sujets d'intérêt spéciaux dont la détermination des taux de parasitisme est l'illustration la plus courante.

A partir d'une description de la population, on utilise généralement des indices relatifs. Sur chaque prélèvement on établit le pourcentage de chaque stade, le taux d'individus morts, le taux de parasitisme etc. et l'interprétation de séries d'échantillons, obtenues dans le temps ou dans l'espace, s'effectue directement par comparaison de ces indices.

Les problèmes d'échantillonnage ne seront pas toujours aisés à résoudre. On doit garder à l'esprit que dans les comparaisons de proportions, la dimension de l'échantillon est d'abord le nombre d'unités de prélèvement et non la taille du prélèvement. Ce nombre doit croître avec l'hétérogénéité du milieu. Cette précaution n'est pas toujours facile à observer et on peut être amené à ne collecter que de petits échantillons. Les difficultés d'interprétation qui en résultent sont souvent signalées à propos du taux de parasitisme (SIMMONDS, 1948 ; DE BACH, 1964).

Un certain nombre de ces problèmes seront illustrés par les travaux réalisés récemment en Tunisie sur trois espèces de Cochenilles Diaspines nuisibles à l'Oranger.

MATÉRIEL D'ÉTUDE. PREMIERS TRAVAUX EFFECTUÉS

Parmi les cochenilles nuisibles aux agrumes en Tunisie, trois espèces de Diaspines sont particulièrement importantes :

Chrysomphalus dictyospermi MORGAN,
Parlatoria ziziphi LUCAS,
Lepidosaphes beckii NEWMAN.

Leur étude écologique a été entreprise en 1961 par BENASSY et SORIA, pour déterminer tout d'abord leurs statuts particuliers : cycle, faune antagoniste, dynamique générale des populations, puis les possibilités de lutte biologique. Parallèlement une série de mises au point sur la lutte insecticide était entreprise par TOUZEAU (1961, 1963), puis par SIGWALT et SORIA (SIGWALT et SORIA, 1965 ; SIGWALT, 1965), de façon à profiter des connaissances acquises au cours de l'étude écologique.

Celle-ci montrait (BENASSY et SORIA, 1964) que ces trois espèces sont polyvoltines — 3 générations par an en général — et présentent un chevauchement de générations croissant dans l'année.

C. dictyospermi a une première génération de printemps bien tranchée mais les générations d'été et d'automne se recouvrent partiellement. Après l'hivernage, la population est presque entièrement constituée de femelles. *L. beckii* et *P. ziziphi* arrivent, par contre, au printemps avec des individus à tous les stades et le chevauchement de générations devient constant.

Les problèmes d'échantillonnage abordés

Chez les Diaspines, la larve néonate, mobile, constitue le seul stade de dispersion, active ou passive. Après sa fixation au support végétal, l'individu évolue sur place et on n'a pas de problème technique pour effectuer un prélèvement sur la quasi-totalité de la population. Après sa mort, l'individu laisse même son bouclier comme témoin, ce qui n'est pas toujours un avantage d'ailleurs.

Le milieu est le plus souvent constitué par un verger plus ou moins homogène et DE BACH (1958) considère qu'à la limite un seul arbre peut être considéré comme échantillon représentatif pour étudier le taux de contamination général. Cette opinion est discutée par MORRIS (1960). La dispersion des larves mobiles par le vent dans le verger peut interférer avec l'évolution réelle de la population de chaque arbre et la masquer.

Quoiqu'il en soit, l'hétérogénéité est importante au niveau de l'arbre. Une répartition différentielle des Cochenilles, suivant l'exposition, le niveau de hauteur ou de profondeur dans la couronne, est généralement évidente. On doit également tenir compte de l'âge du support. Si on prévoit des prélèvements foliaires, par exemple, des feuilles d'âge différent constituent des sous-populations distinctes. La feuille d'un an qui porte déjà des femelles pondeuses n'est pas dans les mêmes conditions d'infestation que la jeune feuille de l'année, et les chevauchements de générations qu'on pourra respectivement observer seront différents.

L'échantillonnage usuel ne peut matériellement tenir compte de toutes ces strates et il est généralement constitué par un échantillon « moyen » de 24 feuilles prélevées suivant un protocole systématique : 4 orientations $\times$ 3 hauteurs $\times$ 2 niveaux de profondeur (DE BACH, *l. c.*). On doit remarquer que DE BACH utilisait ce protocole pour déterminer des taux d'infestation et reconnaissait que la méthode n'était plus précise en cas d'infestation forte : plus de 50 cochenilles environ dans l'échantillon. En fait, comme une infestation faible se répartit généralement en loi de Poisson, c'est-à-dire au hasard, l'utilisation d'un protocole systématique est alors sans inconvénient.

L'accroissement de population intervient ensuite à partir de microfoyers situés dans les strates favorables. La répartition des individus dans l'arbre suit alors des

fonctions de distribution « contagieuses » et suivant les buts recherchés, on doit recourir à des échantillonnages séquentiels ou stratifiés. Le maintien du protocole systématique précédent a pour conséquence de donner un poids prépondérant aux feuilles tirées dans les strates favorables à l'espèce, c'est-à-dire dans celles où les facteurs de mortalité sont les moins actifs.

L'étude démographique pose un autre problème : l'effectif de la population dénombrée doit être assez grand pour que les pourcentages calculés aient une précision suffisante. BENASSY (1961) fixe ainsi la taille minimale de l'échantillon à 1 000 cochenilles, vivantes ou mortes. Au seuil de probabilité de 95 p. 100, les proportions calculées sur la population totale ont alors un intervalle de confiance inférieur ou égal à $\pm$ 3 p. 100 et celles calculées sur la population vivante, rarement inférieure à 250 individus, ont cet intervalle légèrement plus ouvert : $\pm$ 6 p. 100.

Cette nécessité de compter 1 000 cochenilles, alliée à l'échantillonnage systématique, amène un biais supplémentaire. L'échantillon devra comporter des feuilles très contaminées ou sinon être complété et l'opérateur aura tendance à assurer ce complément par des feuilles très infestées. En définitive, l'échantillon reflétera pratiquement la structure démographique d'un nombre réduit de feuilles : les plus infestées, et donc en général des feuilles âgées, tirées des strates favorables.

Détermination du cycle biologique

La détermination du cycle biologique se fera par comparaison des structures successives observées dans le temps. L'augmentation du pourcentage d'un stade donné est l'indice du passage de la population à ce stade (VASSEUR et SCHVESTER, 1957). On peut remarquer que cela ne vaut que si les générations sont bien tranchées. Sinon, on ne peut donner qu'une conclusion plus restreinte : la majorité de la population évolue suivant ce schéma.

Ainsi, parmi les trois espèces étudiées, *Chrysomphalus dictyospermi* ne pose pas de problème d'interprétation, mais les conclusions relatives aux deux autres espèces sont plus délicates. On peut diagnostiquer à peu près sûrement trois générations pour *Lepidosaphes beckii*, mais ce ne sera qu'une présomption pour *Parlatoria ziziphi*.

On doit alors recourir à des élevages pour connaître plus précisément la durée d'évolution de chaque génération. Les travaux effectués dans ce sens ont pu montrer qu'une diapause estivale peut apparaître chez une partie de la génération de printemps, ce qui est indiscernable sur les relevés de structure démographique. De même les individus fixés en début d'hiver ne donnent des femelles pondeuses qu'au début de l'été suivant.

Si, à chaque génération, une partie de la population peut évoluer en cycle court et l'autre en cycle long l'étude démographique quantitative devra alors pouvoir déterminer les proportions respectives de ces deux fractions, et ce renseignement ne peut être fourni par l'analyse directe de structure. Pour réaliser l'étude démographique, il paraît dès lors nécessaire de s'abstraire du chevauchement de générations ou, en d'autres termes, d'analyser le processus d'installation des générations successives de l'insecte sur son hôte.

MÉTHODE D'ÉTUDE

On suivra la contamination progressive d'une série de jeunes feuilles de printemps, contemporaine de la première génération annuelle de cochenilles. L'installation de cette génération s'effectue par immigration et fixation naturelles. L'évolution de cette population, outre les immigrations ultérieures, détermine les chevauchements que l'on observera sur ces mêmes feuilles, plus âgées.

Il est préférable de ne pas opérer immédiatement par prélèvement, mais de suivre les mêmes feuilles sur l'arbre le plus longtemps possible. On est ainsi directement informé de la distribution des contaminations naturelles. Ce renseignement est important pour déterminer le modèle d'échantillonnage qui sera adopté pour les prélèvements ultérieurs.

Les examens successifs doivent être assez rapprochés pour délimiter la date d'implantation de chaque individu et surtout pour ne pas soustraire à l'observation les implantations infructueuses, rapidement éliminées. Deux relevés par semaine ont paru suffisants.

Une telle méthode est toutefois limitée dans ses résultats. On ne peut observer directement l'individu sous son bouclier et des erreurs peuvent se faire dans la détermination des phases d'évolution de la femelle et du mâle. Les causes de mortalité seront également mal précisées. Dans la suite de l'étude, il faut prévoir l'analyse parallèle de prélèvements comparables à l'échantillon étudié sur place.

Application au cas de Parlatoria ziziphi LUCAS

C'est une espèce commune, appelée localement Pou noir de l'oranger. Elle peut manifester des pullulations intenses dans les vergers serrés, mal aérés. Elle prend une importance économique particulière du fait qu'elle résiste bien aux nettoyages, au cours du conditionnement des fruits.

L'étude a été menée près de Tunis, dans un petit verger d'une centaine d'arbres. Les observations ont été réparties sur trois arbres contigus de la variété « Maltaise ».

Au printemps 1965, une trentaine de bouquets de feuilles ont été repérés sur chaque orientation cardinale et chaque feuille a été numérotée. Un tel échantillon représente environ la moitié de la végétation de l'année. Sur cet ensemble repéré, deux bouquets ont été tirés au sort par orientation et par arbre. Le reste devait servir aux prélèvements de comparaison.

Les observations ont finalement porté sur les 91 feuilles de 23 bouquets,

A chaque relevé, l'observateur note l'état de la population présente sur chaque feuille. Il aurait été souhaitable que chaque feuille ait une fiche particulière comportant un schéma sur lequel on peut localiser chaque cochenille au fur et à mesure de son implantation. L'expérience montre que cela double, sinon triple, la durée des relevés, ce qui aurait amené à réduire d'autant la taille de l'échantillon.

De la comparaison de relevés successifs, on doit alors déduire le passage des individus aux différents stades.

Les cochenilles sont classées en huit catégories, (voir schéma page suivante).

Les deux premières phases (N, L^-) sont très courtes : 1 à 2 jours chacune, et ne sont pas toujours observées. Souvent la cochenille n'est repérée que lorsque le bouclier est entièrement noir (stade L). On admet alors qu'elle aurait dû être vue en N ou L^- aux précédents comptages. Le cycle individuel est ainsi un peu allongé, peut-être de deux jours dans le plus mauvais cas, mais c'est sans importance en regard des avantages de cette convention sur le plan quantitatif. Si on désire construire par la suite une table de mortalité, on a intérêt à répertorier chaque individu dès sa naissance, dans notre cas, dès sa fixation.

Exemple de relevé

Soit par exemple la première feuille d'un bouquet examiné en exposition ouest :

14 mai ..... 6 N 2 L^-
18 mai ..... 5 N 2 L^- 2 L.

On admet que les deux L viennent des deux L^- précédentes et que des 6 N du 14, quatre sont mortes et deux ont poursuivi leur évolution :

21 mai ..... 4 N 4 L- 3 L

Quatre N du 18 ont évolué, la cinquième est morte. Une des deux L^- est passée au stade L et s'ajoute aux deux déjà présentes. On se trouve là devant une ambiguïté : les L peuvent

1er stade	N : Larves nouvellement fixées L^- : Larves jeunes L : Larves bien développées
2e stade M 2e stade mâle	L_2 2e stade femelle
Adultes M Mâle	F_j : Femelle jeune F_o : Femelle ovigère F_p : Femelle pondeuse

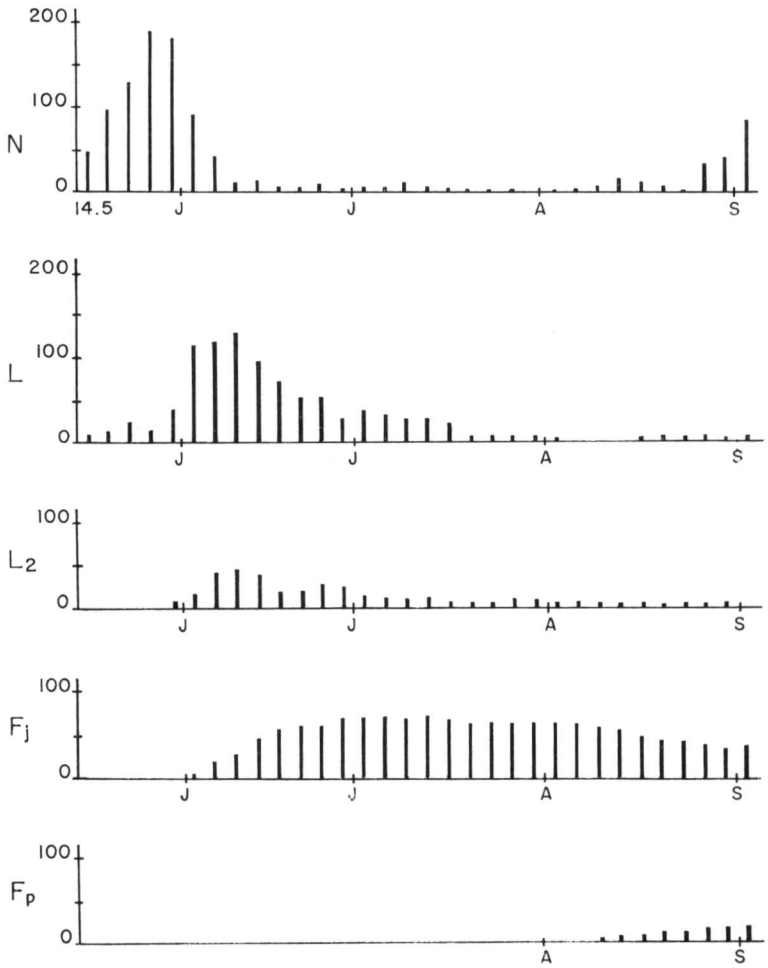


FIG. 1. — *Évolution de la population de* Parlatoria ziziphi LUC. *sur jeunes feuilles de printemps.* Tunis, 1965. (Effectifs réels)

également correspondre au passage à ce stade de 2 L⁻ et au maintien d'une seule des L précédentes. On a pris en principe la larve la plus agée comme survivante, ce qui peut conduire à allonger le cycle. Un second collationnement est nécessaire et est effectuée en fin d'évolution de l'individu. Si la durée du stade est anormale, on recherche la L⁻ la plus proche du cycle normal et on rejette la L de première hypothèse.

De proche en proche, on obtient ainsi pour chaque feuille l'évolution de la population sur toute l'étendue du cycle.

On peut remarquer que cette technique revient pratiquement à l'observation d'un élevage naturel. On peut prévoir un protocole analogue tout le long de l'année. Sur feuilles encore non infestées, ou nettoyées au préalable, on peut observer les résultats des immigrations naturelles et donc constituer une cohorte nettement définie si nécessaire.

RÉSULTATS OBTENUS SUR LA GÉNÉRATION DE PRINTEMPS

Ces résultats sont résumés dans le tableau 1 et la figure 1.

La génération de printemps apparaît nettement délimitée.

Elle se constitue au courant du mois de mai, le maximum des fixations se situant fin mai. Les premières femelles pondeuses apparaissent au milieu d'août.

Évolution des effectifs pour le stade N

Il n'y a pas d'ambiguïté possible, ce stade n'apparaissant qu'une fois au cours des relevés. La courbe de variation est parfaitement nette. La seconde quinzaine de juillet sépare les deux générations printemps-fin d'été.

On remarquera que cela ne signifie pas qu'il n'existe pas de femelles pondeuses en activité à cette époque. En réalité, les jeunes larves mobiles ne sont pas en mesure d'essaimer. Elles sont détruites avant d'avoir pu se fixer. On peut attribuer aux fortes chaleurs de cette période ce coup d'arrêt au chevauchement de générations.

Évolution des effectifs des stades L et L_2

Cette fois, le même individu peut apparaître au cours de plusieurs relevés successifs, en moyenne 4 pour le stade L et 2 pour les L_2. Ces nombres correspondent évidemment à la durée du stade.

Un certain étalement apparaît donc dans les courbes représentatives. On notera que cet étalement est accentué par le fait que les individus parasités évoluent plus lentement que les normaux. D'autre part, le bouclier ne se détache pas immédiatement et un individu mort peut ainsi être décompté très longtemps.

Évolution des effectifs pour le stade F_1

De la même façon, le même individu apparaît sur une série de relevés successifs. Mais cette fois, l'étalement de la courbe correspond à une diapause estivale. L'effectif n'évolue pratiquement pas au cours du mois de juillet.

Femelles pondeuses

L'effectif des femelles pondeuses se constitue dans la seconde quinzaine d'août. Du stock de femelles jeunes encore présent au 3 septembre, trois nouvelles pondeuses seulement se déclareront jusqu'au 20 septembre (hors graphique). Il n'a pas été

possible de vérifier si certaines femelles continuaient leur évolution, les observations s'étant arrêtées début novembre. Toutefois, aucune de ces femelles n'est passée pondeuse en octobre. On les comptera donc comme mortes au 20 septembre.

TABLEAU I

Évolution de la population de Parlatoria ziziphi LUC. *sur jeunes feuilles de printemps*

Date	Stade N	L	L_2	F_j	F_p
14-5	50	11			
18-5	101	16			
21-5	130	25			
25-5	188	16			
28-5	183	39	1		
4-6	87	114	16	1	
8-6	44	122	40	19	
11-6	12	130	47	26	
15-6	14	95	38	45	
18-6	6	74	22	56	
21-6	2	55	20	61	
25-6	10	54	25	62	
29-6	1	30	25	70	
2-7	5	40	15	72	
6-7	4	35	10	70	
9-7	10	31	8	70	
13-7	4	29	8	70	
16-7	1	24	6	69	
20-7	1	10	7	65	
23-7	0	10	7	65	
27-7	1	8	9	64	
30-7	1	6	9	64	
2-8	2	5	6	65	
6-8	2	0	7	64	
10-8	7	0	4	60	2
13-8	21	0	5	57	5
17-8	13	2	4	51	7
20-8	12	7	1	45	9
24-8	4	7	1 + 1	40	11
27-8	32	6	1 + 4	38	13
31-8	39	5	1 + 3	36 + 1	14
3-9	83	9	0 + 4	35 + 2	14

Nota : les 14 et 18-5, les observations ont porté respectivement sur 46 et 67 feuilles, le protocole étant en cours de mise en place. Les observations ont ensuite porté sur 91 feuilles.

A partir du 24-8, on a séparé pour les L_2 et F_j les individus de la génération de fin d'été.

ÉVOLUTION QUANTITATIVE DE LA GÉNÉRATION DE PRINTEMPS

Une première interprétation quantitative peut être donnée à partir des résultats précédents.

La cohorte initiale est constituée de la somme des implantations observées du début au 20 juillet. Leur nombre s'élève à 853.

Le stade L_1 a été observé 979 fois, mais on divisera ce nombre par 4, durée moyenne du stade : $979/4 = 245$.

De même, le stade L_2 est relevé chez : $343/2 = 171$ individus.

Pour les femelles jeunes, on profitera de la stabilisation de l'effectif en juillet : 70 individus environ.

Les femelles pondeuses enfin ont leur effectif fixé à 17 individus.

ÉBAUCHE DE TABLE DE MORTALITÉ

En éliminant le chevauchement de générations par cette technique d'étude, on peut revenir à la construction d'une table de mortalité « horizontale ».

Les résultats précédents ne sont toutefois que très partiels. On ne dispose pas d'une évaluation quelconque concernant la population de néonates émigrant des feuilles âgées, ni d'une évaluation de fécondité. En ne considérant que les stades, fixés, on ne dispose pas non plus de taux de parasitisme ou de mortalité naturelle qu'il aurait fallu obtenir d'échantillons comparables.

On se bornera donc à un tableau brut (tabl. 2).

TABLEAU 2

Première table de mortalité pour Parlatoria ziziphi LUC.
Génération de printemps. Ariana, 1965. Oranger « maltaise »

Stade x	Survivants S_x	Décès D_x	Quotient de mortalité $Q_x = D_x/S_x$
N	853	608	71
L	245	74	30
L_2 (femelles)	171	101	59
F_j	70	53	76
F_p	17		

Le taux de mortalité le plus faible se situe chez la larve de premier stade, entre l'implantation réussie et le passage au deuxième stade. La réussite d'une bonne implantation est un facteur important de survie pour la population. Les conditions de climat paraissent responsables de la mortalité à ce stade. On se trouve en juin, avec l'insolation maximale, sur les feuilles extérieures de la couronne. On peut rapprocher ces résultats de ceux de BENASSY et SORIA (l. c.). Le taux de larves mobiles est en effet toujours important sur les feuilles âgées et il semble donc que l'essaimage devienne infructueux dès le mois de juin. Entre juillet-août, il devient pratiquement nul, ce qui provoque la coupure de fait entre les deux générations de printemps et de fin d'été.

A partir du second stade larvaire, le parasitisme par *Aspidiotiphagus citrinus* CRAW. intervient. Le taux de parasitisme évalué sur l'échantillon « moyen » de

24 feuilles ne peut être manié qu'avec précautions, la population offerte au Chalcidien étant différente. On peut considérer toutefois que près de la moitié de la mortalité enregistrée à ces stades peut provenir de l'*Aspidiotiphagus*, son taux de présence étant de 20 à 30 p. 100. L'observation directe des trous de sortie montre deux périodes d'émergences : début juillet et deuxième quinzaine d'août. On peut ainsi penser que la génération de *Parlatoria* est soumise à l'attaque de deux générations de l'Aphélinide. L'importance du parasitisme dans la limitation des populations de la cochenille paraît ainsi sous-évaluée.

DÉVELOPPEMENTS ÉVENTUELS DE L'ÉTUDE ET CONCLUSIONS

L'étude de la population suivant ce schéma stratifié laisse espérer des résultats intéressants.

L'origine de ce travail a été en fait la recherche d'une méthode cohérente d'échantillonnage. Devant la superposition de deux facteurs d'hétérogénéité fondamentaux : le chevauchement de générations chez l'insecte et la complexité du support végétal, feuilles d'âge différent en particulier, il était nécessaire de décomposer le problème. Partant de l'élément le plus simple, on a recherché le processus d'installation d'une nouvelle population sur une nouvelle végétation.

Il est bien évident qu'on n'a ainsi obtenu qu'une formation fragmentaire qui devra être complétée par l'observation des générations ultérieures, par l'examen au laboratoire de prélèvements comparatifs, par la constitution de populations artificielles en jouant par exemple sur le nombre de femelles pondeuses qu'on laissera en place.

La construction de tables de mortalité complètes, analogues à celles qui sont déjà connues chez les espèces à générations séparées, devrait en résulter. Celle qui a été présentée n'est qu'une ébauche mais signifie aussi que, sur une strate particulière, celle des jeunes feuilles de printemps, la première génération de cochenilles se comporte comme un élément simple et peut servir de base de comparaison dans le temps ou dans l'espace, comme produit d'une population complexe, beaucoup moins aisée à saisir.

Reçu pour publication en octobre 1970.

SUMMARY

DEMOGRAPHIC STUDIES OF DIASPINE SCALES.
APPLICATIONS TO THREE SPECIES NOXIOUS FOR ORANGE TREES IN TUNISIA.
PARTICULAR CASE OF A SPECIES WITH OVERLAPPING GENERATIONS :
PARLATORIA ZIZIPHI LUCAS

Complex problems are to be solved to define valid sampling techniques of the populations of diaspine scales with overlapping generations in order to study their demography and to establish life tables. In the case of *Parlatoria ziziphi* LUCAS, living on orange trees, the spring generation wich colonizes annual shoots behaves like a separate generation, elementary part of global population. A first type of life table has been established.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BENASSY C., 1961. Contribution à l'étude de l'influence de quelques facteurs écologiques sur la limitation des pullulations de Cochenilles diaspines. *Ann. I. N. R. A., Sér. C, Épiphyties*, H.-S. 1, 157 p.

BENASSY C., SORIA F., 1964. Observations écologiques sur les Cochenilles diaspines nuisibles aux agrumes en Tunisie. *Ann. I. N. R. A. T.*, **37**, 193-222.

DEBACH P., 1958 . The role of weather and entomophagous species in the natural control of insect populations. *J. econ. Entomol.*, **51**, 474-484.

DEBACH P., 1964. *Biological control of insect pests and weeds*. Chapman and Hall, Londres, 844 p.

GERI C., DUSAUSSOY G., 1966. Étude d'une population de *Diprion pini* (Hym. Symphytes) en forêt de Fontainebleau. II. Établissement d'une table de mortalité. *Ann. Soc. Entomol. Fr.* (N. S.), **2**, 535-548.

MORRIS R. F., 1960. Sampling insect populations. *Ann. Rev. Entomol.*, **5**, 243-264.

PRESSAT R., 1961. *L'analyse démographique. Méthodes, résultats, applications*. P. U. F., Paris, 402 p.

SIGWALT B., 1965. Le contrôle insecticide des Diaspines des agrumes. Méthodologie des essais. *C. R. Congr. Prot. Cult. Trop. Marseille*, 8 p.

SIGWALT B., SORIA F., 1965. La lutte chimique contre les Diaspines des agrumes de Tunisie. *C. R. C. A. Z. F.*, Tunis, 52-57.

SIMMONDS F. J., 1948. Some difficulties in determining by means of field samples the true value of parasitic control. *Bull. Entomol. Res.*, **39**, 435-440.

SOUTHWOOD T. R. E., 1966. *Ecological methods*. Methuen, Londres, 391 p.

TOUZEAU J., 1961 et 1963. Rapport d'activité et d'expérimentation en défense des cultures. *S. E. A. Serv. Prod. Veg. Def. Cult.* pour 1961, 50-65 ; et pour 1963, 89-90.

VASSEUR R., SCHVESTER D., 1957. Biologie et écologie du Pou de San José (*Quadraspidiotus perniciosus* COMST.) en France. *Ann. I. N. R. A., Ser. C, Épiphyties*, **8**, 5-66.

Ann. Zool. Écol. anim., 1971, **3** (1), 17-30.

ÉTUDE DES RÉACTIONS CELLULAIRES ANTICRYPTOGAMIQUES CHEZ *GALLERIA MELLONELLA* L. : STRUCTURE ET ULTRASTRUCTURE DES GRANULOMES A *ASPERGILLUS NIGER* V. TIEGH (1)

A. VEY

Station de Recherches cytopathologiques, I. N. R. A., 30 - Saint-Christol-les-Alès

RÉSUMÉ

L'observation en microscopie photonique et électronique des granulomes à *Aspergillus niger* v. TIEGH. formés chez *Galleria mellonella* L. a permis de déterminer les caractéristiques des cellules qui participent à l'enveloppement du champignon et a montré qu'au sein du groupement serré qu'elles constituent, certaines présentent des modifications de structure fine dont la signification a été discutée.

Elle a en outre montré la présence fréquente d'un espace et d'un matériel intercellulaires, bien qu'il existe aussi des zones de jonction entre hémocytes voisins.

Le processus de mélanisation accompagnant l'agglomération des cellules autour du champignon et son évolution au cours de la vie de l'insecte, ou chez les granulomes éliminés, ont été étudiés.

A l'aide des résultats obtenus nous avons pu comparer les réactions cellulaires anticryptogamiques à d'autres phénomènes qui, chez les insectes, font également intervenir les hémocytes, et aux réactions inflammatoires des vertébrés.

INTRODUCTION

L'accumulation d'hémocytes formant un ensemble serré autour de corps étrangers, de parasites ou de microorganismes, constitue le type de réaction cellulaire sans doute le plus caractéristique chez les insectes.

Ce phénomène présente un grand intérêt en particulier parce qu'il conditionne pour une large part la résistance de l'hôte aux agents pathogènes.

(1) Ce travail est extrait de la thèse de Doctorat d'État de Sciences naturelles, soutenue en 1971 à l'Université Paul Sabatier de Toulouse et enregistrée sous le n° A 05327.

L'existence des réactions hémocytaires a été signalée depuis longtemps et elles peuvent être observées assez aisément, par exemple au cours des maladies cryptogamiques. On considère d'ailleurs très souvent qu'elles sont bien connues alors que les données concernant l'immunité de type humoral sont encore relativement limitées et imprécises.

Nous avons constaté qu'il n'en est rien et que l'on sait peu de choses sur la façon dont l'insecte réagit à l'infection par des mécanismes hémocytaires.

Ceci nous a conduit à entreprendre puis à poursuivre au cours des dernières années des recherches concernant de tels mécanismes chez des hôtes infectés expérimentalement, en choisissant des champignons entomopathogènes comme stimuli.

Nous avons tout d'abord étudié la réaction chez l'insecte vivant, qui conduit à la constitution de volumineux granulomes, en examinant des coupes histologiques d'individus où ce processus se trouve à différentes phases (VEY, QUIOT et VAGO, 1968 ; VEY, 1968).

Ensuite des expériences dans des conditions *in vitro* ont permis d'examiner en contraste de phase et de reconnaître les cellules participant à cette réaction, de suivre de manière continue son évolution, et de déterminer certains caractères de l'association des hémocytes (VEY, QUIOT et VAGO, 1968 ; VEY, 1969 *a*).

En outre la formation de granulomes nous est apparue comme un mécanisme de défense doué d'efficacité puisqu'elle permet des cas de résistance et de guérison (VEY et VAGO, 1969), alors qu'elle est perturbée et d'un effet plus réduit chez les insectes atteints par un agent pathogène autre que le champignon (VEY et VAGO, 1967 ; VEY, 1969 *b*).

Cependant, il nous a paru possible d'obtenir encore des données nouvelles concernant le type des cellules participant aux réactions anticryptogamiques, les modifications éventuelles de ces hémocytes dans le pseudo-tissu enveloppant le champignon et les liaisons s'établissant entre eux, ainsi que les changements de structure des granulomes au cours de la vie de l'insecte, par une étude histologique et histochimique détaillée et des recherches en microscopie électronique.

Nous avons donc entrepris d'approfondir, grâce à l'emploi de ces techniques, les connaissances sur la réaction de granulome chez *Galleria mellonella* L. infectée par *Aspergillus niger* V. TIEGH., car ce processus constitue un excellent prototype pour les travaux concernant les mécanismes de défense cellulaire des insectes.

I. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. — *Obtention et prélèvement des granulomes*

Des larves de *Galleria mellonella*. L. (*Lepidoptera. Pyralidae*) ont été infectées par inoculation dans leur cavité viscérale d'une dose de $6{,}5 \times 10^6$ conidies d'*Aspergillus niger* v. TIEGH. en suspension dans l'eau physiologique, à l'aide d'un dispositif à micro-injection « Braun ». Elles ont ensuite été placées à 26°C et alimentées après 24 heures.

Pour l'étude sur coupes histologiques des granulomes qui se forment autour des éléments de l'*Aspergillus* nous avons fixé des larves, des chrysalides et imagos, *in toto* après section de la partie céphalique.

Pour la microscopie électronique nous avons choisi des granulomes âgés de 6 à 8 jours car ils sont bien développés. Ces formations, visibles grâce à leur partie centrale mélanisée, ont été prélevées après dissection à l'aide de fines aiguilles montées, accompagnées de fragments de tissus. Leur faible taille rend en effet les manipulations difficiles.

B. — *Histologie et histochimie*

1. *Fixations.*

Les *Galleria* ont été fixées dans les liquides de Bouin, Carnoy, Halmi ou de Champy. Pour la recherche des lipides la fixation au formol-calcium de Baker a été suivie d'une postchromisation dans le mélange bichromate-sublimé d'Elftmann (Lison, 1960).

2. *Méthodes générales de coloration.*

Coloration de Van Gieson, Azan de Romeis modifié par emploi du rouge nucléaire solide, coloration de Mallory, Hémalun picro-indigo-carmin. Les trois premières méthodes ont l'intérêt d'être utilisées couramment dans l'étude des granulomes inflammatoires des Vertébrés.

3. *Méthodes adaptées à des études particulières.*

• Tissus conjonctifs : Imprégnation argentique de Gomori, Fuschine-paraldéhyde après fixation au Halmi.
• Inclusions hémocytaires : Fuschine anilinée d'Altmann après fixation au champy, selon le principe retenu par Nittono (1960) et en employant la technique de Benoit (Martoja et Martoja, 1967) pour le chondriome. Fuchsine paraldéhyde sans oxydation pour comparaison avec les résultats de Mitsuashi (1966).

4. *Réactions histochimiques.*

Les techniques utilisées sont, sauf exception, celles citées par Lison (1960).
• Polysaccharides et composés mucoïdes : acide periodique-Schiff selon le procédé de McManus (1946), avec contrôles traités à l'amylase salivaire à 37°C pendant une heure. Cette méthode réalise aussi une excellente coloration des éléments cryptogamiques.
• Mucopolysaccharides acides : Bleu alcian à pH 2,5 et Métachromasie (Bleu de toluidine à 0,05 p. 100 d'après Lison (1960).
• Lipides : coloration au noir soudan B alcoolique selon le procédé de Lison *et al.* (1960).
• Protéines : Tétrazoréaction de Danielli selon la technique de Burstone indiquée par Martoja et Martoja (1967). Ninhydrine-Schiff selon Yasuma et Ichikawa (1953).
• Acides nucléiques : réaction de Feulgen et Rossenbeck (1924) et laque de Gallocyanine d'après le procédé d'Einarson (1951).
• Mélanines : réaction argentaffine, méthodes de Masson (1914) et de Gomori (1948).

C. — *Microscopie électronique*

Les granulomes ont été fixés par la glutaraldéhyde à 0,5 p. 100 dans un tampon de cacodylate de sodium 0,1 M, additionné de 6 p. 100 de saccharose. Le pH du fixateur était ramené à 7.

Après une fixation d'une heure à 4°C les pièces ont été rincées trois fois avec le tampon cacodylate contenant du saccharose, puis post-fixées par le tétraoxyde d'osmium dans le même tampon pendant une heure à une heure trente. Ensuite les granulomes ont été déshydratés dans un gradient d'acétone et inclus dans l'Epon.

L'examen des coupes ultrafines, déposées sur film de collodion carboné, et colorées par l'acétate d'uranyle et le citrate de plomb, a été effectué au microscope Hitachi Hu 11 CS à 75 kV.

II. — OBSERVATIONS

Les granulomes à *A. niger* montrent, à partir de leur périphérie, 4 régions différentes :

— hémocytes entrant en contact avec le granulome, ou en début d'incorporation et conservant encore en partie leur individualité ;
— zone à cellules très étalées, d'aspect feuilleté ;
— zone avec cellules déformées mais peu allongées ;
— masse centrale mélanisée contenant les éléments mycéliens.

Nous exposerons le résultat des examens de ces différentes parties, d'abord sur coupes histologiques, puis sur coupes ultrafines préparées pour la microscopie électronique.

A. — *Étude histologique et histochimique*

1. *Cellules formant les granulomes.*

D'après nos premières observations (VEY, QUIOT et VAGO, 1968 ; VEY, 1969 *a*) les cellules participant aux réactions anticryptogamiques chez *G. mellonella* doivent être classées parmi les plasmatocytes, selon la terminologie proposée par JONES (1962). Si l'on effectue, comme WITTIG (1965), une distinction entre micro-et macroplasmatocytes on reconnaît la présence de ces deux types de cellules dans le pseudo-tissu enveloppant le champignon.

Ces hémocytes, approximativement ronds ou ovoïdes au moment où ils entrent en contact avec le granulome, ont un cytoplasme présentant une légère coloration d'ensemble par l'A.P.S. et une teinte violacée claire après la tétrazoréaction de DANIELLI, correspondant à une réaction positive pour les protéines. La recherche de mucopolysaccharides acides a été négative.

Les cellules des granulomes se caractérisent par leur pauvreté en inclusions. Quelques-unes, à petit noyau et dont le système vacuolaire est développé, contiennent un nombre faible de fines granulations ou gouttelettes, dont une partie est certainement de nature lipidique. De telles cellules sont considérées par certains auteurs comme des « hémocytes granuleux » (NITTONO, 1960 ; WITTIG, 1960) mais il nous paraît préférable de réserver ce terme, comme l'a fait JONES (1962), à des hémocytes contenant des inclusions de taille généralement plus grande, plus uniformes et surtout plus abondantes.

L'emploi du bleu d'aniline, de la fuchsine paraldéhyde, et du bleu de toluidine pour la métachromasie, montre l'absence de tels granules, ainsi que de « sphérules » dans les hémocytes formant les granulomes. De plus aucune de ces cellules ne paraît présenter les caractères histochimiques des adipohémocytes, en particulier de nombreuses granulations APS positives (ASHURST et RICHARDS, 1964 ; BEAULATON, 1968).

Enfin nous n'avons pas rencontré dans le pseudo-tissu d'hémocytes contenant des inclusions particulières colorables par la fuchsine d'ALTMAN et comparables à celles mises en évidence par NITTONO (1960) dans les œnocytoïdes de *Bombyx mori* L.

2. *Structure du pseudotissu hémocytaire.*

La paroi des granulomes âgés d'une semaine environ est devenue très épaisse. La partie feuilletée, bien développée, est composée de plasmatocytes qui en s'étalant fortement et se fixant ont pris l'aspect de fibroblastes du tissu conjonctif des vertébrés, comme nous l'avons observé avec d'autres auteurs (FLANDRE *et al.*, 1968) dans la formation de granulomes à corps étranger inerte.

Cet aspect feuilleté est dû à l'alternance des hémocytes très minces et d'un matériel intercellulaire paraissant constituer des fibres, dont nous avions déjà signalé l'existence (VEY et VAGO, 1969).

Les affinités de ce matériel sont très difficiles à déterminer étant donné sa très faible épaisseur lorsqu'on l'examine au microscope optique.

Nous avons pu surtout constater qu'il se colorait en noir par l'imprégnation argentique de GOMORI (fig. 1) et présentait une certaine affinité pour le bleu d'aniline.

Dans l'étude des réactions inflammatoires des Vertébrés on considère qu'une réaction positive à l'imprégnation argentique révèle électivement les formations collagènes (FLANDRE, DAMON et SECCHI, 1969). Mais cette méthode pourrait en fait mettre aussi en évidence de nombreux hydrates de carbone et colorer les mélanines (LISON, synthèse 1960). Le matériau étudié pourrait donc être constitué de mélanines qui, en début de syntèse et en petites quantités, ne présenteraient pas de coloration spontanée perceptible. Cependant aucune coloration n'apparaît au niveau intercellulaire avec la réaction argentaffine (procédés de MASSON et de GOMORI). Il ne s'agirait donc pas de mélanines, mais de polysaccharides ou plus probablement de substances voisines de celles formant les fibres collagènes ou réticulées.

Nous n'avons par contre pas rencontré dans les granulomes d'éléments présentant les affinités des fibres élastiques.

Après leur incorporation dans les granulomes les cellules sanguines ne semblent pas présenter d'altérations notables malgré leur association étroite. On remarque, cependant, la faible colorabilité des plus internes.

3. *Mélanisation du cryptogame.*

Les éléments cryptogamiques enfermés dans les granulomes sont entourés d'un dépôt irrégulier, jaune à brun noirâtre, présentant par conséquent la coloration spontanée des mélanines.

Les substances qui le constituent sont insolubles dans le xylène, l'acétone, le benzène et l'éther. Elles montrent une très grande résistance aux agents chimiques puisqu'elles ne montrent pas de modifications après un traitement de 24 heures par l'acide chlorydrique concentré.

Ce matériel se décolore sous l'effet de l'acide peracétique, qui permet même le blanchiment des mélanines résistantes, alors que le permanganate de potassium et le diaphanol n'ont que peu d'effet.

Enfin, il manifeste également un caractère réducteur envers les sels d'argentamine. Cette propriété est très caractéristique des mélanines puisqu'elle sert de base à la méthode de MASSON pour la mise en évidence de ces substances (LISON, 1960 p. 725).

Le dépôt entourant des éléments d'*A. niger* présente donc tous les caractères physiques et histochimiques fondamentaux des mélanines.

Nous avons observé qu'au-delà de la zone fortement pigmentée entourant immédiatement le champignon peut s'étendre un voile plus léger paraissant envelopper les cellules voisines devenues moins visibles. On parvient cependant à bien distinguer le noyau de ces hémocytes qui paraît resté normal.

4. *Aspect des granulomes chez les chrysalides et les imagos.*

Dans le cas de résistance et de guérison on retrouve un grand nombre de granulomes chez les chrysalides et adultes nés de larves infectées (VEY et VAGO, 1969).

La structure de ces formations est très proche de celle observée au stade larvaire. On note cependant une progression de la mélanisation à l'intérieur du massif

hémocytaire. Chez les papillons par exemple on peut reconnaître des hémocytes assez nombreux pris dans une large zone pigmentée, lorsque celle-ci n'est pas trop fortement colorée (fig. 2). Ainsi, alors qu'au cours des premiers jours suivant l'infection la mélanisation se limite à une gaine autour du champignon, ultérieurement l'incorporation de cellules dans la masse centrale brunâtre des granulomes, commencée chez la larve, devient de plus en plus importante. Chez la chrysalide et l'imago le processus d'accumulation des hémocytes autour du cryptogame paraît généralement terminé. Cependant, au stade nymphal, des cellules semblent parfois venir encore se fixer à la surface du granulome.

Malgré cette cessation de l'apport de nouveaux hémocytes on ne constate pas de variations significatives de l'importance des enveloppes hémocytaires selon le stade de développement considéré. Il n'y a donc pas de signe paraissant indiquer que les granulomes subissent des remaniements importants tels que les départs de cellules.

5. *Granulomes éliminés.*

Quelques jours après l'inoculation on trouve chez la larve des granulomes en position tout à fait périphérique paraissant logés entre la cuticule et l'hypoderme. Ce dernier, qui les enveloppe grâce à un étirement de ses cellules qui peut être très marqué (fig. 3), est en fait souvent accompagné par quelques minces couches d'un matériel de nature cuticulaire, en relation avec la partie profonde de l'endocuticule.

Ces formations ont subi une modification de leur structure et se présentent essentiellement comme un corps fortement mélanisé dans lequel on reconnaît des filaments mycéliens. Parfois, on retrouve des traces de structure feuilletée dans la masse brunâtre, ou on observe autour de cette dernière quelques cellules apparemment normales.

Après la mue nymphale on retrouve les mêmes granulomes éliminés (fig. 4), attachés à l'exuvie, leur aspect ne s'étant pas beaucoup transformé. On parvient à les identifier surtout grâce à la présence de quelques filaments mycéliens, souvent très tortueux.

B. — *Ultrastructure des granulomes*

1. *Caractéristiques des cellules participant à la réaction.*

Les hémocytes qui participent à la formation des granulomes à *A. niger* ont une surface qui présente des digitations plus ou moins longues et des invaginations. Leur noyau (fig. 5 N), généralement volumineux, occupe souvent la moitié ou les deux tiers du diamètre total de l'hémocyte, mais est parfois moins important. Certains noyaux possèdent des expansions leur donnant un aspect lobé.

Ces hémocytes sont riches en ribosomes libres et en réticulum endoplasmique granulaire. Les citernes (fig. 5, ce) sont fréquemment distendues, leur contenu clair apparaissant condensé dans certains sacs. Au niveau périnucléaire elles peuvent également être dilatées et parfois en rapport avec le réticulum endosplasmique. Dans quelques cellules dont le noyau occupe presque tout le volume l'ergastoplasme, au profil tubulaire, est particulièrement abondant.

Les mitochondries sont assez nombreuses, de type classique, petites, fréquemment allongées (fig. 5, m).

Le cytoplasme de ce type d'hémocytes renferme aussi des vacuoles de tailles

diverses (fig. 5, v) dont le volume est parfois très important, et qui peuvent contenir un matériel non identifié, ou du plasma précipité comme cela a été observé par GRIMSTONE, ROTHERAM et SALT (1967) dans les hémocytes d'*Ephestia kuehniella* ZELLER.

Enfin ces cellules renferment des microtubules et des inclusions jamais très nombreuses, essentiellement des formations petites, denses et paraissant limitées par une membrane (fig. 5, id).

Si l'on se réfère aux travaux sur l'ultrastructure des hémocytes d'insectes (HOFFMANN *et al.*, 1969 ; STANG-VÖSS, 1970), en particulier ceux concernant les Lépidoptères (HARPAZ, KISLEV et ZELCER, 1969 ; WITTIG, 1970), on constate que les cellules formant les granulomes présentent bien la structure fine caractéristique des plasmatocytes. Cependant quelques-unes, à très gros noyaux, semblent devoir être considérées comme des prohémocytes.

La recherche d'autres types hémocytaires dans les granulomes a été négative, comme lors des examens sur coupes histologiques.

Les hémocytes granuleux caractérisés par leurs inclusions denses, non structurées, de taille relativement importante (GRANADOS, WARD et MARAMOROSCH, 1968 ; BARRA, 1969 ; HARPAZ, KISLEV et ZELCER, 1969) ne paraissent pas participer à la formation des granulomes, de même que les cellules à sphérules, les adipohémocytes ou les œnocytoïdes. Ces trois derniers types peuvent en effet être reconnus grâce à d'abondantes inclusions particulières telles que des faisceaux de tubules ou des vacuoles claires, ou à une disposition spéciale des ribosomes, bien que quelques désaccords existent encore entre les différents auteurs en ce qui concerne leur structure fine (HOFFMANN, 1966 ; CASSIER et FAIN-MAUREL, 1968 ; BEAULATON, 1968 ; HARPAZ, KISLEV et ZELCER, 1969).

2. *Cellules de la zone feuilletée.*

Les cellules fortement étirées de la zone de l'enveloppe hémocytaire à aspect feuilleté ont une épaisseur d'environ 2,5 μ dans leur partie large alors qu'elles n'atteignent que quelques centaines d'Å dans leur région distale. Leur extrémité, bien que très fine, est arrondie.

Dans l'ensemble ces hémocytes sont disposés régulièrement et simplement en couches successives. Cependant un examen attentif de leur profil permet de constater qu'ils peuvent présenter des excroissances de formes diverses (fig. 6).

La structure des cellules de cette zone de l'enveloppe des granulomes diffère très peu de celle des hémocytes libres. On remarque surtout que les microtubules, mais aussi les membranes du réticulum endoplasmique, tendent à se disposer parallèlement au plan d'étalement de l'hémocyte (fig. 7). Pour les microtubules une telle disposition a déjà été observée par GRIMSTONE, ROTHERAM et SALT (1967) et par HOFFMANN *et al.* (1968).

Des inclusions denses apparaissent dans certains des hémocytes très étalés, généralement ceux en position la plus profonde.

3. *Cellules de la partie centrale.*

Les cellules de la partie interne des granulomes sont le plus souvent peu allongées ou à peu près isodiamétriques. Des parties de leurs membranes ont un dessin très compliqué, leur surface étant modelée sur celle des hémocytes voisins.

On est frappé par la présence dans ces hémocytes d'inclusions cytoplasmiques de plusieurs types, de plus en plus nombreuses et volumineuses lorsqu'on va vers le centre des granulomes. Les plus abondantes, de taille variable, souvent subsphériques, mais parfois plus irrégulières, sont formées d'un matériau dense aux électrons, homogène, et sont séparées du cytoplasme par une membrane (fig. 8). Elles peuvent présenter une ou quelques petites vacuoles périphériques.

D'autres inclusions, en nombre beaucoup plus faible, se présentent comme des vacuoles limitées par une membrane, contenant des ribosomes, des éléments ergastoplasmiques ou des vésicules peut-être de même nature, et dans certains cas des corpuscules denses (fig. 9).

Des formations différentes, pouvant dériver des précédentes, comportent à la fois une substance dense, des vacuoles et des débuts de structures lamellaires (fig. 10), ou bien sont constituées essentiellement par des arrangements approximativement concentriques de membranes rappelant des figures myéliniques (fig. 11).

En dehors de la présence de ces inclusions les cellules examinées ne montrent pas de différences marquées avec les hémocytes circulants du point de vue de leur structure fine. Leurs noyaux paraissent normaux, elles sont particulièrement riches en ribosomes et renferment d'abondants microtubules.

4. *Zone mélanisée.*

L'enveloppe mélanisée qui entoure le champignon se présente en microscopie électronique comme un dépôt acellulaire, extrêmement opaque aux électrons, et d'épaisseur variée. Cet aspect est identique à celui de substances déposées autour de nématodes encapsulés et considérées comme des mélanines (POINAR, LEUTENNEGER et GÖTZ, 1968).

Mais parfois on observe au-delà une zone plus claire qui peut occuper un volume important. Nous avons pu déceler qu'elle correspond à un certain nombre de cellules que l'on reconnaît surtout grâce au dessin caractéristique de leurs membranes.

Ces hémocytes, parfois au nombre d'une dizaine, sont devenus assez denses aux électrons, leur cytoplasme présentant un aspect presque homogène. Si l'emplacement de certains organites peut être décelé aucun n'est resté identifiable (fig. 12).

Ces cellules, qui correspondent certainement à celles paraissant sur les coupes histologiques enveloppées dans un voile mélanisé, sont ici masquées par un dépôt fin répandu dans tout l'hémocyte, comme cela se produit dans les masses mélanotiques de certaines souches de drosophiles (PEROTI et BAIRATI, 1968).

Chez la souche Tu B_3 ces masses formées d'hémocytes paraissant normaux, très serrés, mais cependant séparés par un espace intercellulaire rempli par un matériel opaque, et dont la partie centrale est mélanisée, présentent d'ailleurs un aspect d'ensemble très voisin de celui des granulomes à *A. niger*.

Les cellules constituant le pseudo tissu hémocytaire semblent étroitement serrées, surtout dans la partie centrale des granulomes. Cependant elles sont en fait souvent séparées par un petit espace dont on remarque l'importance très variable. Cet espace contient en général, à tous les niveaux, un matériel intercellulaire dense, d'aspect irrégulier, mais apparemment dépourvu de striations transversales aussi bien que d'une structure fibrillaire (fig. 13, m. d.).

Pourtant, au niveau de certaines zones, les membranes unitaires des hémocytes voisins sont intimement appliquées l'une contre l'autre, séparées par peu ou pas de

matériel opaque (fig. 14). Il se constitue donc des jonctions cellulaires présentant des points communs avec certains desmosomes des tissus normaux. L'absence de fusions de membranes accompagnées d'une mise en communication de contenus cytoplasmiques indique qu'il ne s'est pas formé de syncitium.

5. *Discussion.*

Le fait le plus remarquable observé au cours de notre étude des granulomes à *A. niger* en microscopie électronique est la présence, dans les cellules de la partie centrale, d'inclusions nombreuses et volumineuses de plusieurs types.

Nous avons recherché à quelles autres inclusions il serait possible de les comparer. Dans le domaine des réactions cellulaires des insectes il semble que ces structures présentent une grande similitude avec celles décrites par GRIMSTONE, ROTHERAM et SALT (1967) sous le nom de « cytolysomes », bien que les éléments de comparaison soient un peu réduits étant donné le nombre très faible de figures présentées par les auteurs au sujet de ces formations.

Il a surtout été possible de constater des points communs sur le plan morphologique avec des structures qui ont récemment fait l'objet d'études détaillées, dans des travaux traitant de sujets très différents des nôtres. Il s'agit de formations dont l'activité lytique a été bien établie, et qui ont été observées dans les tissus d'insectes, surtout dans les glandes prothoraciques, ou glandes de mue (BEAULATON, 1967 *a* et *b* ; CASSIER et FAIN-MAUREL, 1969 ; GARAGOZLOU, 1969, 1970).

Les inclusions opaques aux électrons sont comparables aux « corps denses » ou « corps denses d'accumulation enzymatique » (BEAULATON, 1967 *a* ; GARAGOZLOU, 1969). Les vacuoles peuvent être considérées comme des « vacuoles autophagiques » ou « vacuoles autolytiques » présentant des points communs par exemple avec celles décrites dans les glandes prothoraciques d'*Antherea pernyi* (BEAULATON, 1967 *b*). Les formations vacuolaires avec débuts de structures lamellaires, ainsi que les corps constitués essentiellement de feuillets sont assimilables aux formes d'évolution des inclusions précédentes. Les dernières présentent indiscutablement des caractères de « corps myéliniques » ou « résiduels » (GARAGOZLOU, 1969), sans toutefois être composées entièrement de membranes à arrangement très régulier.

Cependant la nature de ces formations n'est pas démontrée puisqu'une analyse cytochimique portant sur la phosphatase acide, marqueur de choix des lysosomes, n'a pas encore été effectuée.

Même si l'on admet qu'il s'agit de structures lysosomiques et de vacuoles autolytiques, leur rôle reste difficile à interpréter. Chez les insectes leur apparition et leur multiplication a été surtout observée dans des organes en cours de dégénérescence spontanée. On sait également que des conditions anormales ou pathologiques peuvent entraîner des dégénérescences provoquées, avec apparition de vacuoles autolytiques (voir CASSIER et FAIN-MAUREL, 1969, p. 105).

Mais les lysosomes peuvent aussi subir un cycle évolutif dans des tissus paraissant normaux, ce qui suggère alors leur intervention active dans certains processus métaboliques (GARAGOZLOU, 1969).

Dans le cas des hémocytes des granulomes à *A. niger* la présence des inclusions observées semble indiquer une lyse partielle des cellules pouvant être provoquée par une insuffisance nutritionnelle, l'absence d'apport d'oxygène, ou aussi par l'action de substances nocives produites par le cryptogame.

Les zones de contact entre les hémocytes enveloppant le cryptogame sont semblables à celles observées par GRIMSTONE, ROTHERAM et SALT (1967) et POINAR, LEUTENEGGER et GÖTZ (1968). Elles peuvent être comparés à des desmosomes juxtamembranaires ou « tight junctions », dont on sait qu'ils n'ont pas une très grande résistance mécanique.

Les échanges entre espaces extracellulaires et entre ces espaces et l'hémolymphe sont certainement très faibles par suite de l'existence des accollements membranaires constituant des barrières et du matériel dense.

III. — CONCLUSIONS

Les réactions hémocytaires vis-à-vis d'*A. niger* chez *G. mellonella* sont assurées par des cellules présentant les caractères cytochimiques et ultrastructuraux des plasmatocytes, alors que, parmi les autres types de cellules sanguines, seuls les prohémocytes semblent aussi parfois intervenir.

Ces hémocytes normalement dispersés s'agglomèrent autour du champignon pour former un ensemble apparemment très serré. En fait, bien que leurs membranes présentent des zones de jonction assurant une certaine cohésion, limitée au pseudotissu, ils sont souvent séparés par un espace intercellulaire.

L'association prolongée des éléments sanguins a différentes conséquences, dont la plus frappante est un changement dans la structure fine des cellules les plus internes, consistant en l'apparition d'inclusions morphologiquement comparables à des structures lysosomiques et des vacuoles autolytiques, qui paraissent indiquer que les cellules ont subi une lyse partielle.

En outre, des cellules proches du champignon peuvent être touchées par un processus de mélanisation, alors que l'agent pathogène lui-même est entouré par une gaine pigmentée dont nous avons pu démontrer la nature mélanique.

Cependant, étant donné les très faibles modifications subies par les cellules de la partie externe de la paroi des granulomes et l'absence apparente de liaisons à grande résistance mécanique, il n'est pas étonnant que se produisent des détachements d'hémocytes périphériques après explantation *in vitro* (VEY, QUIOT et VAGO, 1968 ; VEY, 1969 *a*).

Lorsque les granulomes persistent pendant toute la vie de l'insecte, ils ne subissent pas de remaniements importants, mais l'extension de la zone pigmentée se poursuit jusque chez l'imago alors que la réaction des hémocytes cesse assez rapidement.

Ceux qui sont enveloppés par l'hypoderme et rejetés lors d'une mue montrent une modification de même type pouvant les amener à l'état de masse mélanisée que l'on parvient à reconnaître grâce aux éléments mycéliens.

Si l'on considère les résultats de nos études et des quelques autres travaux de microscopie électronique concernant les réactions cellulaires provoquées par différents stimuli, on est frappé par l'uniformité du type hémocytaire intervenant, et la grande similitude dans la structure des formations édifiées, en particulier en ce qui concerne les « capsules » à fragments d'araldite (GRIMSTONE, ROTHERAM et SALT, 1967).

Il est également intéressant de noter des ressemblances morphologiques certaines entre les granulomes à *A. niger* et les massifs hémocytaires mélanisés que constituent certaines masses mélanotiques des drosophiles (PEROTTI et BAIRATI, 1968).

Dans le domaine de la pathologie comparée, nos observations confirment l'opinion que nous avons exprimée avec FLANDRE, VAGO et SECCHI (FLANDRE *et al.*, 1968) en ce qui concerne les points communs et les différences entre les réactions inflammatoires des vertébrés et des invertébrés.

Les ressemblances sont nettes si l'on considère la morphologie du tissu de granulation, et en particulier l'existence d'un matériel intercellulaire. Les éléments de divergence concernent la formation chez l'insecte de dépôts persistants de mélanines accompagnant la réaction, ainsi que l'origine et la variété des types cellulaires intervenant. En effet, chez l'invertébré, l'édification des granulomes paraît essentiellement assurée par un seul type hémocytaire qui remplit à la fois le rôle des cellules réticulo-histiocytaire et des fibroblastes qui proviennent en grande partie du tissu conjonctif.

Reçu pour publication en novembre 1970.

SUMMARY

STUDIES OF ANTICRYPTOGAMIC CELLULAR REACTIONS IN *GALLERIA MELLONELLA* L. : STRUCTURE AND ULTRASTRUCTURE OF GRANULOMES RESULTING FROM THE INFECTION BY *ASPERGILLUS NIGER* V. TIEGH

Histological, histochemical and ultrastructural studies have been carried out on the granulomes formed in *Galleria mellonella* L. infected by *Aspergillus niger* V. TIEGH.

These studies have shown that most of the cells participating in the antifungal reactions present the typical characters of plasmatocytes. These hemocytes, apparently very tight in the granulomes, are often separated by a narrow space containing an intercellular material, however they equally form zones of junction.

The cells of the internal part of the hemocytic envelope show some modifications of their fine structure which indicate that these hemocytes are probably lysed partially.

The fungal elements are surrounded by a deposit of melanine, but the cells in the near by can be also melanized. During insect life, or when the granulomes are eliminated, the pigmented zone increase in area.

Our observations have allowed to establish that the granulomes formed around *Aspergillus* present much similarities with other formations like different types of capsules or the melatonic masses of certain drosophila strains, and also show some characteristics in common with the inflammatory reactions of vertebrates

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASHURST D. E., RICHARDS A. G., 1964. Some histochemical observations on the blood cells of the wax moth, *Galleria mellonella* L. *J. Morphol.*, **114**, 247-254.

BARRA T. A., 1969. Tégument des collembolles. Présence d'hémocytes à granules dans le liquide exuvia au cours de la mue. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **269**, 902-903.

BEAULATON J., 1967 *a*. Localisation d'activités lytiques dans les glandes du ver à soie du chêne (*Antheraea pernyi* GUÉR.) au stade prénymphal. I. Structures lysosomiques, appareil de Golgi et ergastoplasme. *J. Microscopie*, **6**, 179-200.

BEAULATON J., 1967 *b*. Localisation d'activités lytiques dans les glandes du ver à soie du chêne (*Antheraea pernyi* GUÉR.) au stade prénymphal. II. Les vacuoles autolytiques (cytolysomes). *J. Microscopie*, **6**, 349-370.

BEAULATON J., 1968. Étude ultrastructurale et cytochimique des glandes prothoraciques de vers à soie aux quatrième et cinquième âges larvaires. I. La *tunica propria* et ses relations avec les fibres conjonctives et les hémocytes. *J. Ultrastruct. Res.*, **23**, 478-498.

CASSIER P., FAIN-MAUREL M. A., 1968. Sur la présence de microtubules dans l'ergastoplasme et l'espace périnucléaire des œnocytoïdes du criquet migrateur *Locusta migratoria migratorioides* (R. et F.). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **266**, 686-689.

FAIN-MAUREL M. A., CASSIER, P., 1969. Étude infrastructurale des glandes de mue de *Locusta migratoria migratorioides* (R. et F.). II. Analyse des étapes de la dégénérescence chez les imagos grégaires. *Arch. Zool. Exp. Génér.*, **110**, 91-126.

FLANDRE O., DAMON M., SECCHI J., 1969. La réaction inflammatoire tissulaire chez les invertébrés. Colloque sur les manifestations inflammatoires et tumorales chez les invertébrés, Versailles, 1967. *Ann. Zool.-Écol. Anim.*, **1**, nº h.-s.

FLANDRE O., VAGO C., SECCHI J., VEY A., 1968. Les réactions hémocytaires chez les insectes. *Rev. Path. comparée Méd. exp.*, **5**, 101-106.

GHARAGOZLOU I. D., 1969. Existence d'inclusions lysosomiques dans les cellules adipeuses de *Periplaneta americana* (Blattidae). *C. R. Acad. Sci.* Paris, **268**, 2455-2457.

GHARAGOZLOU I. D., 1970. Infrastructure et activité lytique des lysosomes du tissu adipeux de *Periplaneta americana* (Blattidae). *J. Microscopie*, **9**, 563-566.

GRANADOS R. V., WARD L., MARAMOROSCH K., 1968. Insect viremia caused by a plant pathogenic virus : Electron microscopy of vectors hemocytes. *Virology*, **34**, 790-796.

GRIMSTONE A., ROTHERAM S., SALT G., 1967. An electronmicroscope study of capsule formation by insect blood cells. *J. Cell. Sci.*, **2**, 281-292.

HARPAZ I., KISLEV N., ZELCER H., 1969. Electron-microscopic studies on hemocytes of the egyptian cottonworm. *Spodoptera littoralis* (BOISDUVAL) infected with a nuclear-polyhedrosis Virus, as compared to noninfected hemocytes. I. Noninfected hemocytes. *J. Invertebrate pathol.*, **14**, 175-185.

HOFFMANN J. A., 1966. Étude des oenocytoïdes chez *Locusta migratoria* (Orthoptère). *J. Microscopie*, **5**, 269-272.

HOFFMANN J. A., STOEKEL M. E., PORTE A., JOLY P., 1968. Ultrastructure des hémocytes de *Locusta migratoria* (Orthoptère). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **266**, 503-505.

JONES J. C., 1962. Current concepts concerning insect hemocytes. *Amer. Zoologist.*, **2**, 209-246.

LISON L., 1960. *Histochimie et cytochimie animales*. Gauthier-Villars. Paris.

MARSCHALL K. J., 1966. Bau und Funktionen der Blutzellen des Mehlkäfers *Tenebrio molitor* L. *Z. Morphol. Ökol. Tiere*, **58**, 182-246.

MARTOJA R., MARTOJA-PIERSON M., 1967. *Initiation aux techniques de l'histologie animale*. Masson et Cie, Paris.

MITSUASHI J., 1966. Tissue culture of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* WALKER (Lepidoptera : Pyralidae). II. Morphology and *in vitro* cultivation of hemocytes. *Appl. Ent. Zool.*, **1**, 5-20.

NITTONO Y., 1960. Studies on the blood cells in the silkworm, *Bombyx mori* L. (en japonais, résumé anglais.) *Bull. Sericult. Expt. Stn.* (Tokyo), **16**, 171-266.

PEROTTI M. E., BAIRATI A., 1968. Ultrastructure of the melanotic masses in two tumorous strains of *Drosophila melanogaster* (tu B_3 and Freckled). *J. Invert. Pathol.*, **19**, 122-138.

POINAR G. O. Jr., LEUTENEGGER R., GÖTZ P., 1968. Ultrastructure of the formation of a melanotic capsule in *Diabrotica* (Coleoptera) in response to a parasitic Nematode (Mermithidae). *J. Ultrastruct. Res.*, **25**, 293-306.

STANG-VÖSS C., 1970. Zur Ultrastruktur der Blutzellen Wirbelloser Tiere. I. Über die Haemocyten der Larvae des Mehlkäfers *Tenebrio molitor*. *Z. Zellforsch.*, **103**, 589-605.

VEY A., 1968. Réactions de défense cellulaire dans les infections de blessures à *Mucor hiemalis* WEHMER. *Ann. Épiphyties*, **19**, 695-702.

VEY A., 1969 *a*. Étude *in vitro* des réactions hémocytaires anticryptogamiques des larves de Lépidoptères. Colloque sur les manifestations inflammatoires et tumorales chez les Invertébrés, 1967. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **1**, nº h. s.

VEY A., 1969 *b*. Action de la densonucléose sur les réactions cellulaires du type granulome des larves de *Galleria mellonella* vis-à-vis du champignon *Aspergillus niger*. Colloque sur les manifestations inflammatoires et tumorales chez les Invertébrés, Versailles, 1967. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **1**, nº h.-s.

VEY A., VAGO C., 1967. Influence d'une maladie virale sur les réactions hémocytaires anticryptogamiques chez les Insectes. *C. R. Acad. Sci.* Paris, **265**, 1568-1570.

VEY A., VAGO C., 1969. Recherches sur la guérison dans les infections cryptogamiques d'insectes, Infection à *Aspergillus niger* V. TIEGH. chez *Galleria mellonella* L. *Ann Zool. Écol. anim.*, **1**. 121-126.

VEY A., QUIOT J.-M., VAGO C., 1968. Formation *in vitro* de réactions d'immunité cellulaire chez les insectes. *2 nd Intern. Coll. Invert. tissue cult. Tremezzo*, 1967.

WITTIG G., 1965. Phagocytosis by blood cells in healthy and diseased caterpillars. I. Phagocytosis of *Bacillus thuringiensis* BERLINER in *Pseudaletia unipuncta* (HAWORTH). *J. Invert. Pathol.*, **7**, 474-488.

WITTIG G., 1970. Electron microscopic characterization of insect hemocytes. *Twenty-six annual E. M. S. A. meeting*. 2 p.

PLANCHE I

FIG. 1 à 4

Vues de coupes histologiques.

FIG. 1

Enveloppe de granulome à *A. niger* avec matériel intercellulaire montrant une très grande argyrophilie. Imprégnation argentique de GOMORI. × 1 100.

mf : matériau à aspect fibrillaire, noirâtre.
n : noyau d'hémocytes fortement étalés de la paroi du granulome.
f : filaments mycéliens.

FIG. 2

Granulome chez un imago de *G. mellonella*. Zone mélanisée très étendue. APS-Hémalun. × 430.

FIG. 3

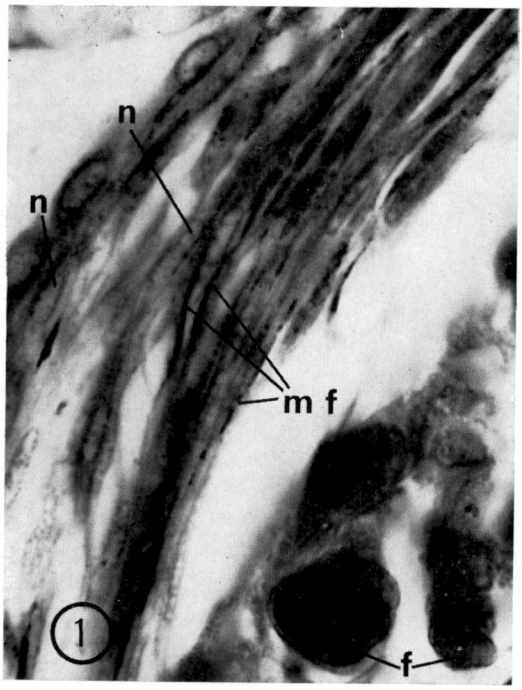
Granulome périphérique logé entre la cuticule et l'hypoderme. Feulgen-Picro-indigocarmin. × 270.

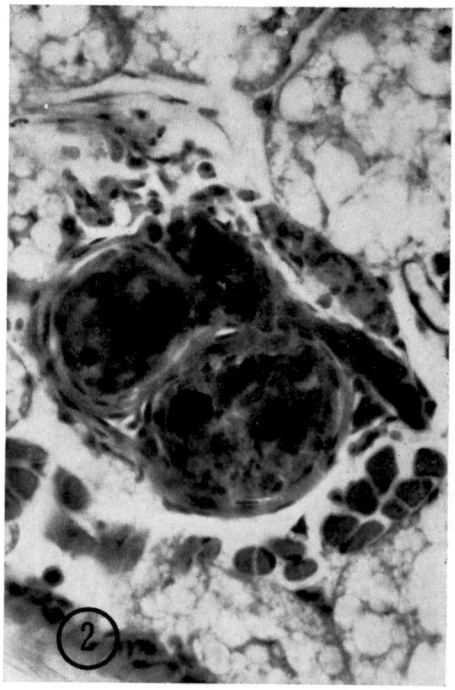
Cu : cuticule.
c : cellules du granulome restées apparemment normales.
f : filament mycélien dans la masse pigmentée.
h : hypoderme.

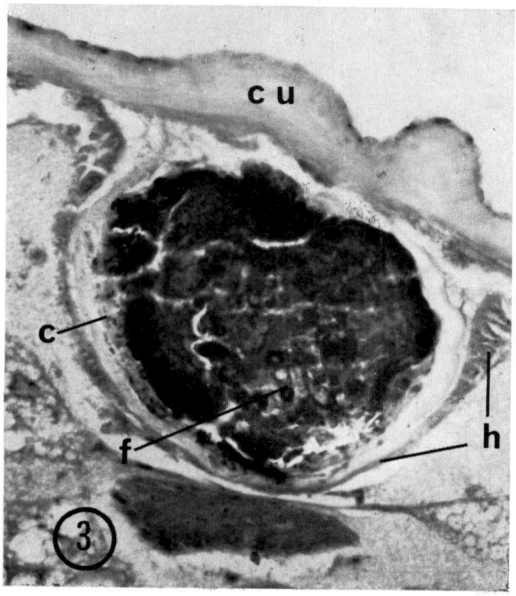
FIG. 4

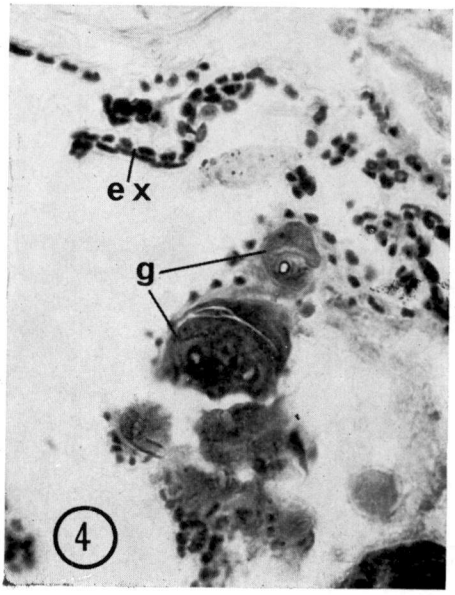
Granulome éliminé au cours de la mue nymphale. Hémalun-Picro-indigocarmin. × 430.

ex. : exuvie.
g : granulome.









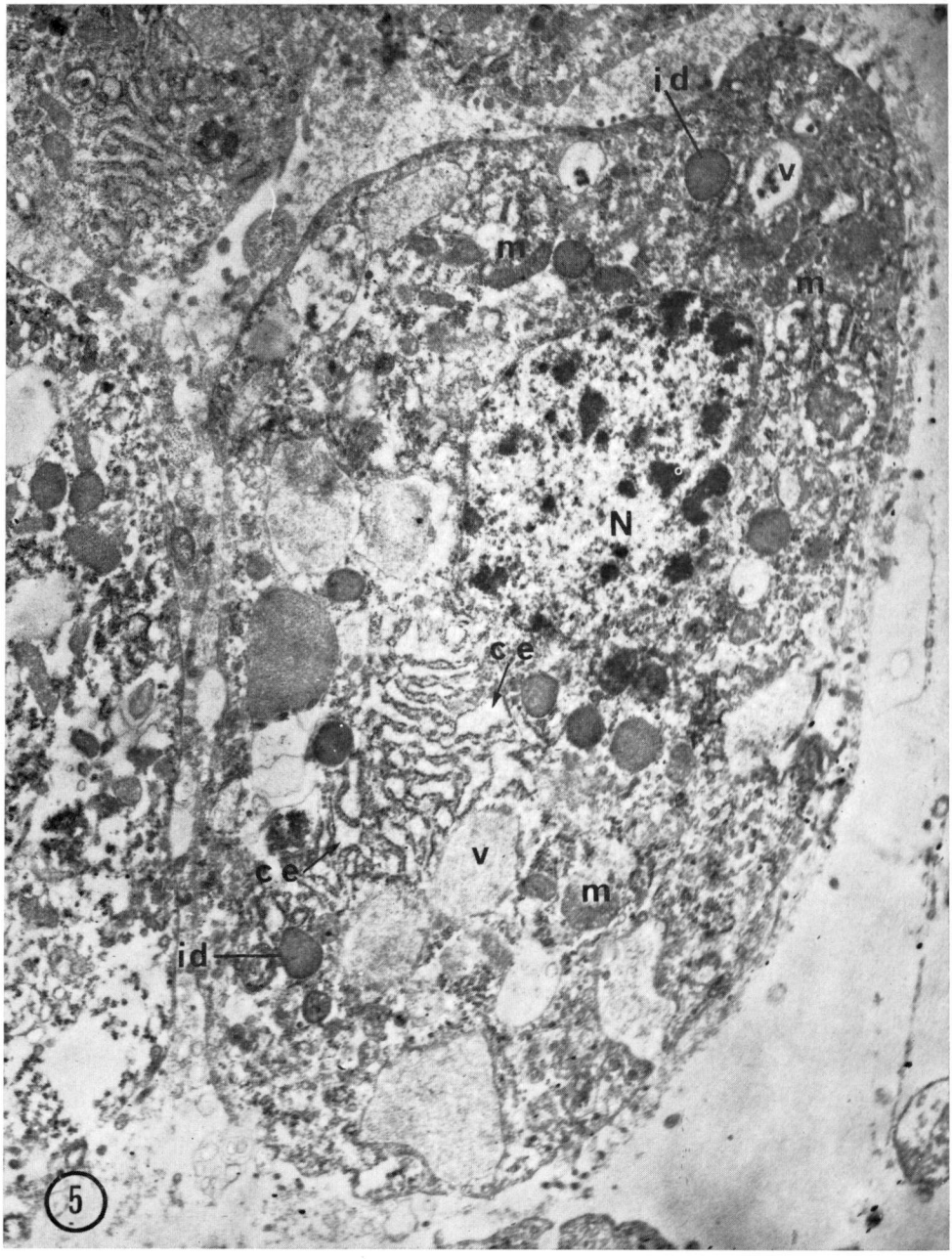
A. VEY

PLANCHE II

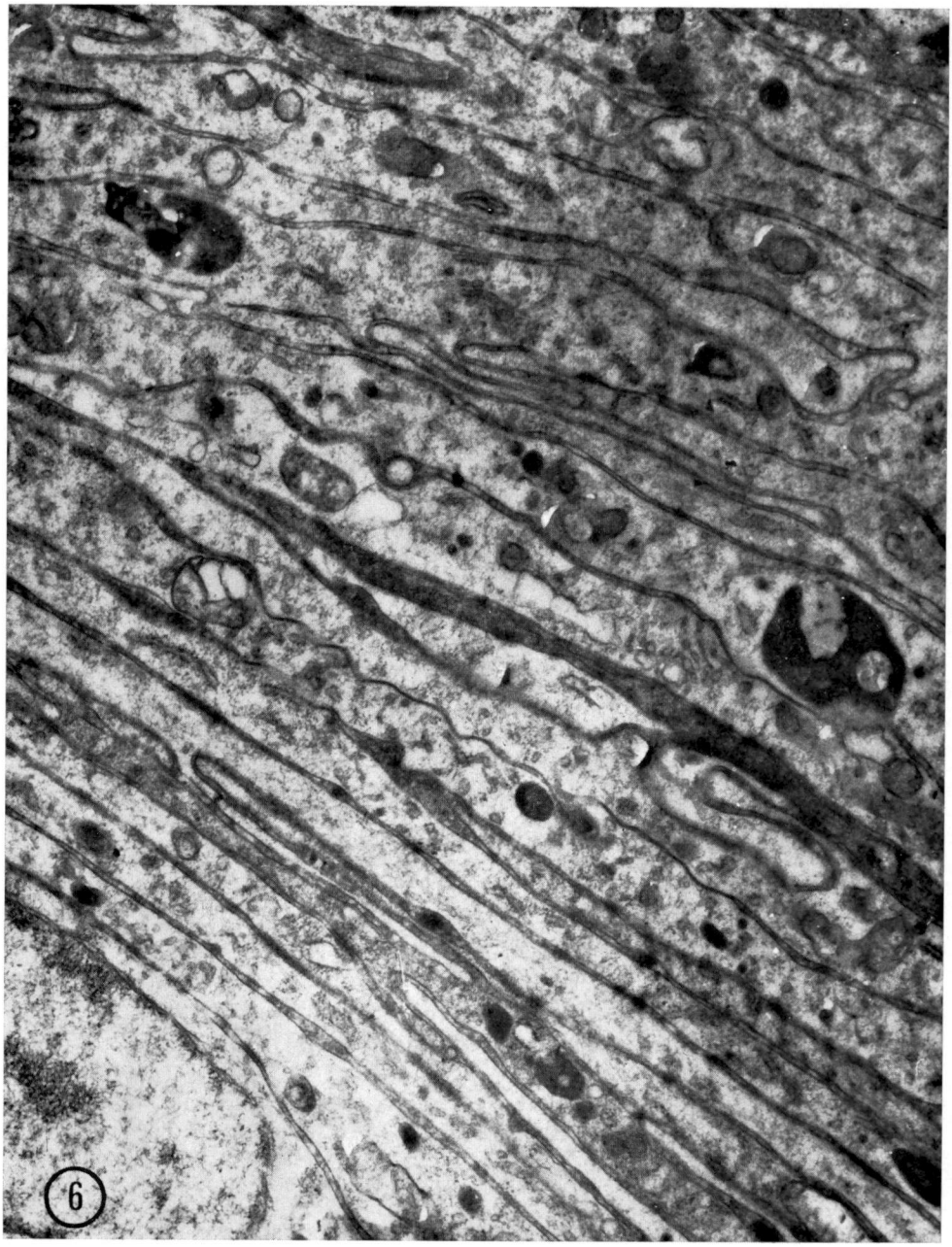
FIG. 5.

Type d'hémocyte participant aux réactions anticryptogamiques. Micr. Electr. × 12 000 :

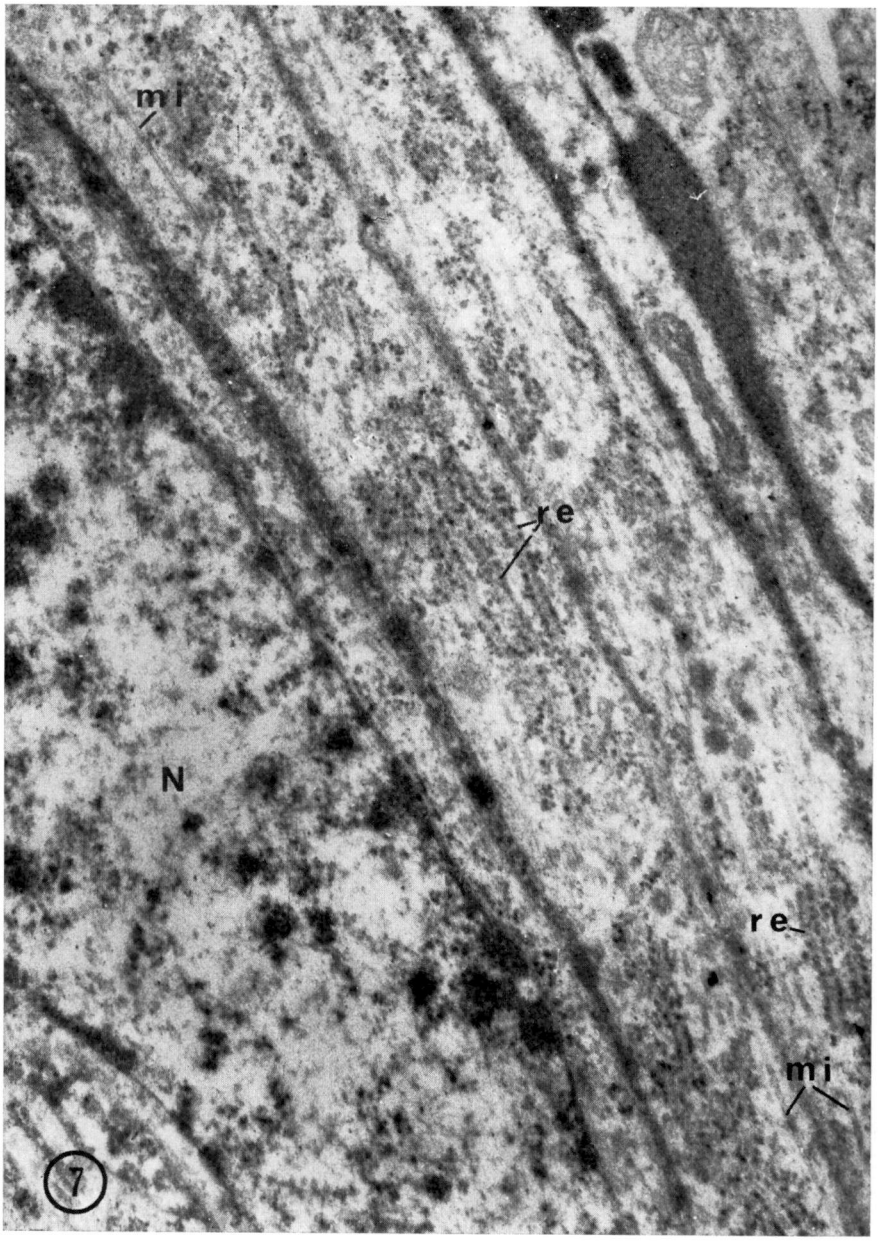
N : noyau,
m : mitochondries,
v : vacuoles,
c : citernes ergastoplasmiques dilatées,
id : inclusions denses.



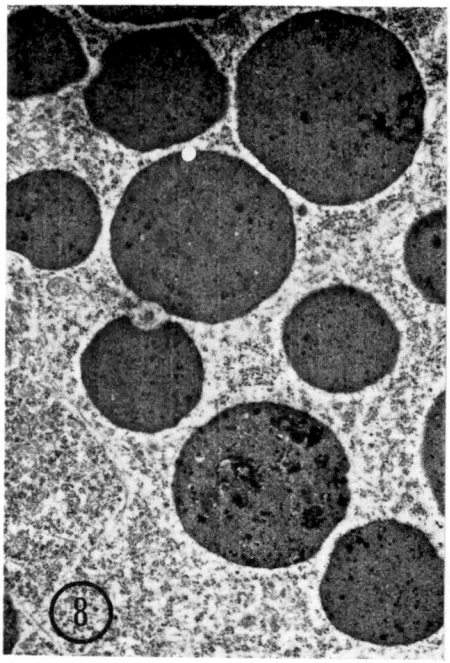
A. VEY

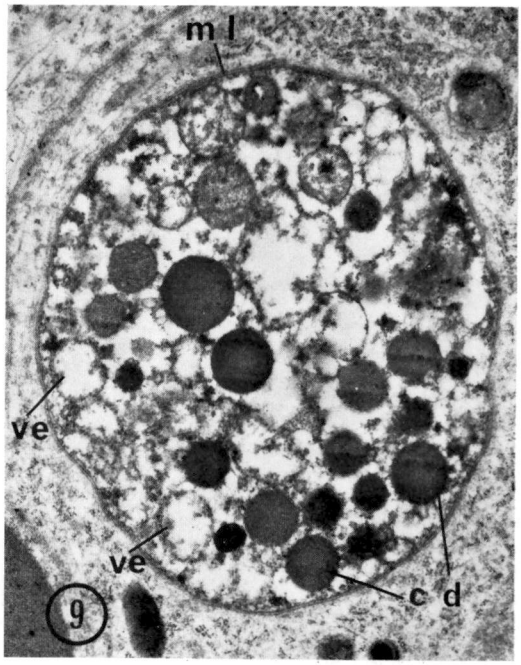


A. VEY

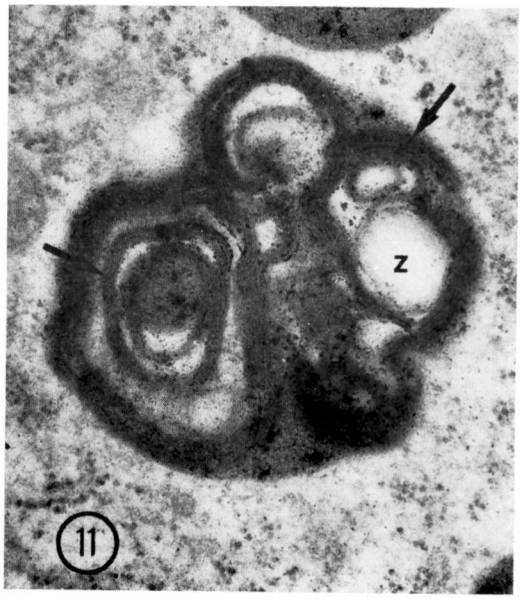


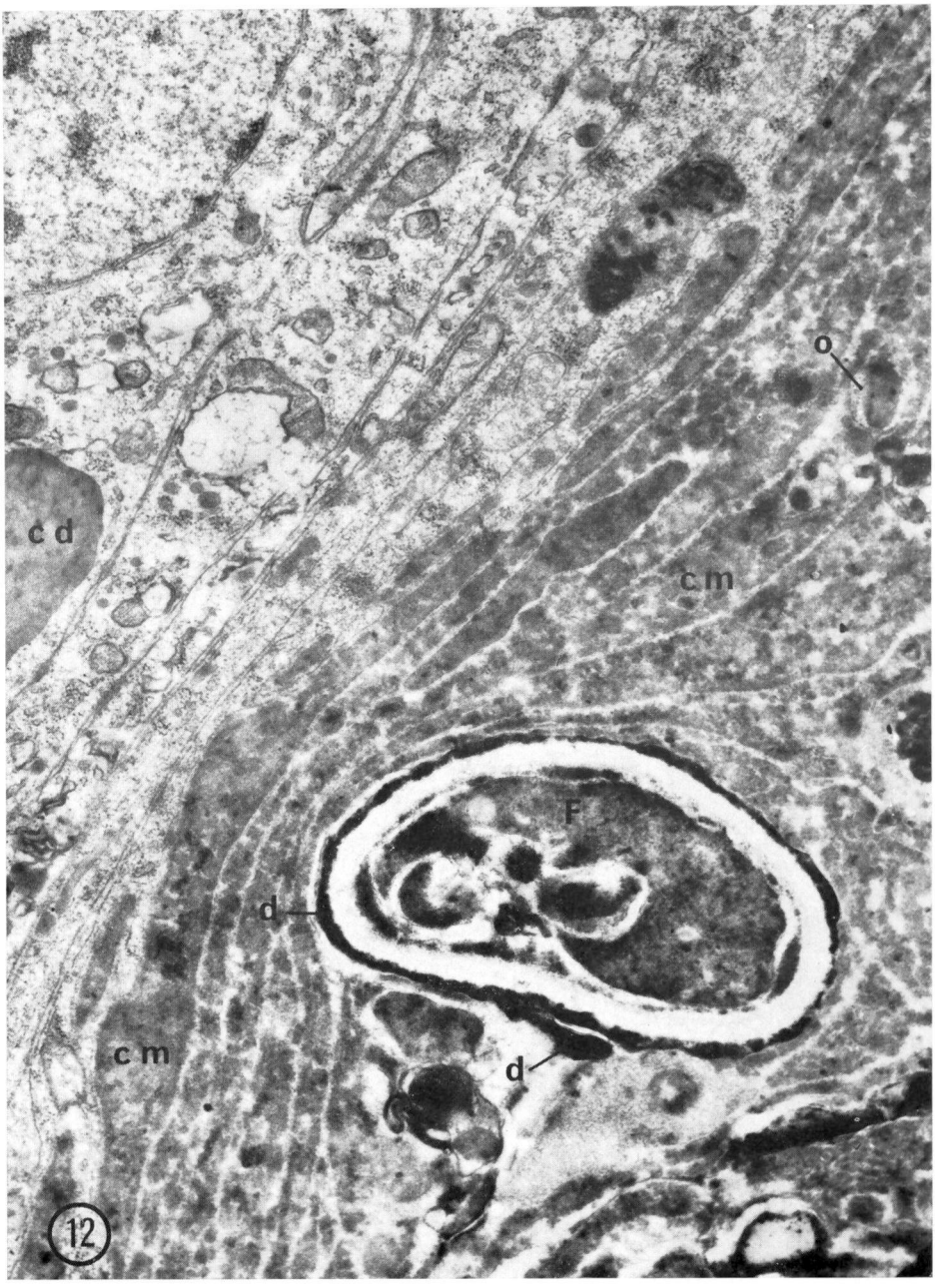
A. VEY


8

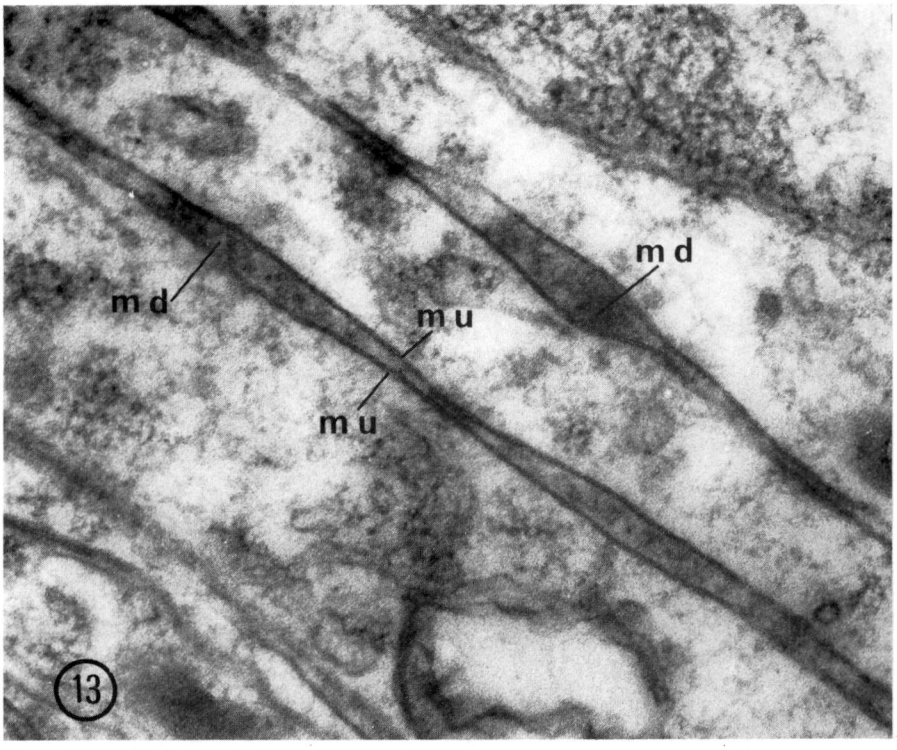

m l
ve
ve
c d
9

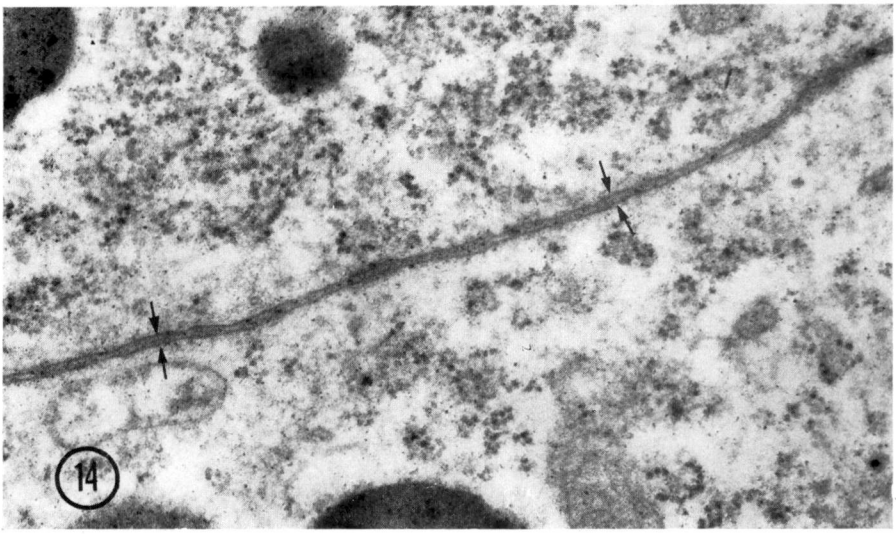
s d
v
v
10
s d


z
11



A. VEY





A. VEY

Ann. Zool. Écol. anim., 1971, **3** (1), 31-42.

INFLUENCE DE L'ALIMENTATION SUR LA BIOLOGIE D'*ORIUS* (*HETERORIUS*) *VICINUS* RIBAUT (*HETEROPTERA, ANTHOCORIDAE*) [1]

G. FAUVEL

avec la collaboration technique de D. COTTON

Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie,
Ecole nationale supérieure agronomique,
Centre de Recherches I. N. R. A.,
34 - Montpellier

RÉSUMÉ

La biologie d'*Orius vicinus* RIBAUT, prédateur actif de *Panonychus ulmi* KOCH, est précisée. L'étude en laboratoire de son développement et de sa reproduction a été entreprise en vue de rechercher s'il pouvait se développer uniquement sur pollen et s'il présentait une spécificité alimentaire.

Des élevages avec une distribution limitée d'alimentation ont été réalisés, afin de déterminer la quantité minimale nécessaire à son développement.

A Montpellier, l'École nationale supérieure agronomique dispose d'un verger de pommiers de plein vent. Ce verger n'est pas soumis à un programme rigoureux de traitements, mais reçoit, de façon assez irrégulière, des applications de pesticides destinés principalement à limiter les attaques de pucerons, de Carpocapse et de l'Araignée rouge, *Panonychus ulmi* KOCH.

D'après les contrôles que nous avons effectués par brossage, la population de cette dernière atteignait en juillet 1968, en moyenne 10 adultes par feuille. Elle paraissait alors s'être accrue régulièrement depuis trois ans.

Parmi les nombreux prédateurs rencontrés, les battages de rameaux nous ont montré que les Anthocorides du genre *Orius* sont extrêmement abondants durant la belle saison.

L'espèce numériquement la plus importante est *O. vicinus* RIB.

[1] Communication extraite du VI[e] Colloque européen d'Acarologie (Versailles, 1968).

Nous avons étudié l'effet de différentes alimentations sur son développement et sa reproduction pour voir quels facteurs lient cet insecte aux pullulations d'acariens.

I. — BIOLOGIE

L'hivernation a lieu à l'état de femelles fécondées. Celles-ci se portent au printemps sur les Rosacées fruitières en fleurs et commencent à pondre dans les pétioles lorsque la température atteint 15°C.

L'insecte est donc présent dès le début de l'activité des acariens.

Trois générations se succèdent au cours de l'année. La première se situe au mois de mai, la seconde en juillet, la troisième en septembre. Cette dernière hiverne.

II. — TECHNIQUES UTILISÉES

Le travail a été conduit en laboratoire.

Afin de réaliser des manipulations commodes, nous avons adopté le dispositif avec disques de feuille en survie sur coton humide, d'un emploi courant pour les élevages d'acariens (fig. 1).

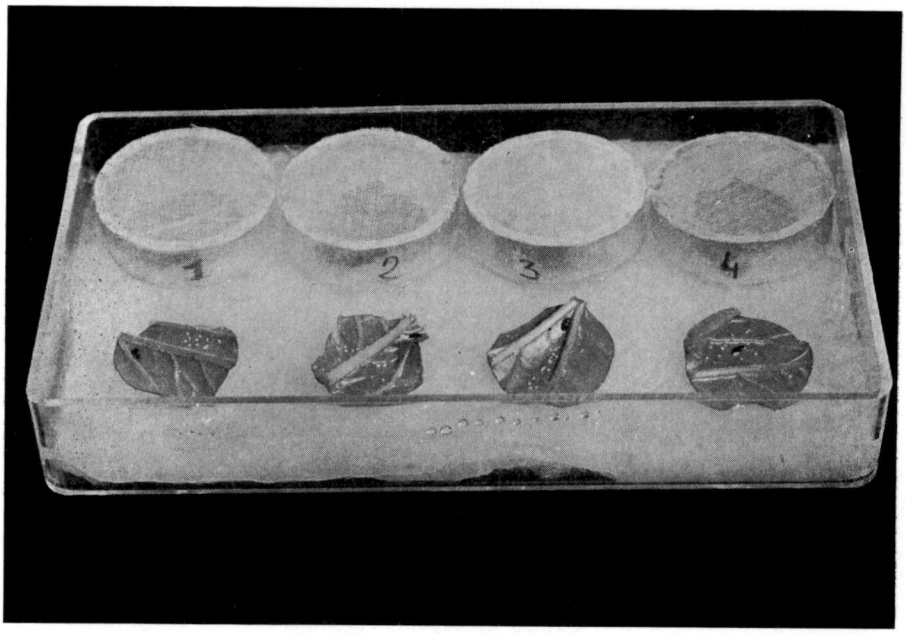


FIG. 1. — *Dispositif d'élevage*

La barrière d'humidité ne suffisant pas à empêcher l'évasion du prédateur même aux stades larvaires, nous avons dû recouvrir le disque de 18-20 mm de diamètre par une cellule de lucoflex transparent d'un diamètre de 25 mm et d'une hauteur de 15-20 mm, fermée par du voile soudé sur les bords.

L'ensemble du dispositif est placé en salle climatisée, dans les conditions constantes suivantes :

Température : 25°C ± 1°C.
Hygrométrie : 80 p. 100 ± 5 p. 100.
Éclairement : jour long de 17 h 2 400 lux.

L'étude de l'alimentation du prédateur sur acariens nécessite, même pour un nombre réduit d'animaux, la manipulation d'un grand nombre de proies (parfois plus de 100/jour/animal).

Lorsque celles-ci sont suffisamment nombreuses sur le végétal, la question a été en partie résolue par l'utilisation d'un petit aspirateur relié à une trompe à vide, en opérant en atmosphère de bioxyde de carbone. Ce dernier empêche les Tétranyques de tisser des toiles dans le tube et ne paraît pas causer de mortalité appréciable.

III. — DÉVELOPPEMENT ET REPRODUCTION SUR POLLEN

Il est rapporté dans la littérature que les *Orius* piquent souvent les organes végétaux et paraissent s'en nourrir de façon plus ou moins importante. Le pollen de maïs serait même suffisant pour assurer le développement d'un autre anthocoride prédateur *Orius insidiosus* SAY (DICKE et JARVIS, 1962).

Il existe d'ailleurs une espèce nettement phytophage, *Orius pallidicornis* REUTER, qui se nourrit presque exclusivement du pollen d'*Ecballium elaterium* (CARAYON et STEFFAN, 1959). D'autre part, les femelles hivernantes d'*Orius vicinus* semblent fortement attirées au printemps par les fleurs des Rosacées fruitières ainsi que nous l'avons dit plus haut. Il était donc intéressant de savoir quel rôle une alimentation végétale pouvait avoir dans la biologie de cette espèce.

Il nous a été possible de vérifier très facilement que l'insecte ne tire pratiquement pas de substances nutritives des feuilles ou des tiges qu'il pique. Sur disque de feuille et sans autre alimentation, la jeune larve ne vit pas plus longtemps qu'avec de l'eau pure. Mais nous avons constaté que, placé sur pollen, l'insecte se développe parfois normalement, ce qui nous a amenés à tester des fleurs très diverses : Rosacées : Pommier (*Malus pumilla* MILLER) ; Cerisier (*Prunus cerasus* L.) ; Pêcher (*P. persica* L.) ; Crucifères : Chou (*Brassica oleracea* L.) ; Cucurbitacées : Concombre sauvage (*Ecballium elaterium* RICH.) ; Citrouille (*Cucurbita pepo* L.) ; plantes diverses : Molène (*Verbascum thapsus* L.) ; et leurs différentes parties.

Dans la plupart des cas, le développement s'est effectué dans le même temps que sur alimentation animale, soit 15 à 17 j avec un pourcentage de réussite voisin de 100.

Les meilleurs résultats ont été observés sur étamines de pommier, mais aussi de cerisier et chou.

Mais il convient de remarquer que presque toujours les adultes issus des larves ainsi élevées, sont de petite taille et incomplètement pigmentés.

Les sépales et le pistil seuls n'ont pas permis aux larves d'évoluer ; il en est de même avec les anthères d'*E. elaterium*.

De nombreux pollens isolés ne paraissent pas suffisants : les pollens de maïs et de molène n'ont donné aucun résultat. Cependant avec le gros pollen frais de Citrouille nous avons obtenu des adultes.

L'accouplement, d'autre part, est difficile à obtenir et nous n'avons enregistré que des fécondités faibles :

1. avec le pollen de Citrouille : 14 œufs en 18 jours ;

2. sur étamines de Cerisier : 6 et 16 œufs. Durée de vie imaginale respectivement 8 et 16 jours ;

3. sur fleur complète de Molène : 39 œufs en 15 jours.

Par conséquent, une alimentation pollinique seule n'est pas suffisante pour assurer une reproduction normale du prédateur bien qu'elle permette un développement assez rapide de la larve.

IV. — DÉVELOPPEMENT SUR ALIMENTATION ANIMALE

1. — *Gamme de proies susceptibles d'être attaquées par* O. vicinus

Comme la plupart des espèces de ce genre (une revue a été donnée par CARAYON et STEFFAN en 1959), *Orius vicinus* est un prédateur polyphage.

En présentant à cet insecte différentes proies, nous avons pu dresser la liste suivante de celles qui sont attaquées (tabl. 1). Quelques-unes ne sont pas acceptées : Tydéides par exemple.

TABLEAU I

Quelques proies pouvant être attaquées par O. vicinus

Acariens

— *Tetranychidae* : *Tetranychus cinnabarinus* BOISD. *T. atlanticus* MCGR. ; *Panonychus ulmi* KOCH. ; *Bryobia rubrioculus* SCHEUTEN. ; *Eotetranychus tiliarium* HERMANN.

— *Tenuipalpidae* : *Cenopalpus pulcher* ZACH.

— *Phytoseiidae* : *Phytoseiulus* sp. ; *Typhlodromus* sp.

Insectes

Coléoptères : larves de *Stethorus* sp. ; larves de *Tribolium confusum* DUV.

Homoptères : Aphides : *Myzus persicae* SULZ., *M. circumflexus* BUCKT. ; *Aphis gossypii* GLOV., *A. fabae* SCOP., *A. pomi* DE G. ; *Rhopalosiphum maïdis* FITCH. ; *Sappaphis mali* FERR. ; Cicadelles

Les Aleurodes et Cochenilles sauf le 1er stade de *Pseudococcus maritimus* ne sont pas attaqués.

Thysanoptères : *Parthenothrips dracaenae* HEGG (en salle climatisée), larves de Thrips floricoles.

Diptères : larves de *Cecidomyiidae* ; de Syrphides aphidiphages.

Les Typhlodromes, présents parfois sur les disques de feuille de pommier sur lesquels étaient déposés les adultes de *P. ulmi*, sont demeurés vivants pendant un temps variable, jusqu'à trois jours. Leur destruction semble donc se faire de la même manière que pour les autres proies par coïncidence de rencontre avec le prédateur mais des essais plus nombreux seraient nécessaires.

2. — *Résultats obtenus sur différentes alimentations*

On note dans la plupart des cas une grande variabilité dans les durées de développement entre individus. Quelques mâles apparaissent presque toujours en premier, mais certains demandent plus longtemps que les femelles pour arriver au stade adulte.

Cette variabilité des résultats augmente avec le nombre de générations qui se sont succédées en conditions artificielles et gêne l'interprétation des résultats.

Nous avons cependant observé des durées de développement qui se sont révéées significativement différentes entre *P. ulmi* et d'autres proies (tabl. 2). Excepté un seul cas (F_1) où les durées de développement sont voisines, il semble que *Panonychus ulmi* constitue une alimentation plus favorable au développement d'*Orius vicinus* que *Tetranychus cinnabarinus* BOISD.

TABLEAU 2

*Durées de développement des larves d'*Orius vicinus *à 25°C, sur différentes alimentations*

Proie	Numéro de la génération (en salle climatisée)	Durée moyenne de développement et intervalle de confiance (en jours)
Acariens		
Tetranychus atlanticus	F_1	16,0 ± 0,8
T. cinnabarinus	F_1	16,07 ± 2,6
Eotetranychus tiliarium	F_1	15,0
Panonychus ulmi	F_1	15,0
T. cinnabarinus	F_6	19,6 ± 8,4
P. ulmi	F_7	15,0 ± 1
E. tiliarium	F_7	23 (pas d'adultes)
Bryobia rubrioculus	F_6	18,0 ± 1,4
Pucerons		
Myzus persicae	F_1	19,5 ± 0,5
Eucallipterus tiliae	F_1	15,0
Aphis pomi	F_2	25,6 (pas d'adultes)
M. persicae	F_6	18,8 ± 2,9
E. tiliae	F_7	18,7 ± 0,7
		Seuil de probabilité 5 %

Nous avons réalisé quelques élevages avec *Aphis pomi* DE GEER et *Bryobia rubrioculus* SCHEUTEN. Avec ce dernier, les larves se développent plus lentement qu'avec *P. ulmi*. Avec *Aphis pomi*, aucune n'est devenue adulte et la vitesse de développement a été inférieure de moitié à la normale.

Parmi les proies qu'*Orius vicinus* peut rencontrer sur le pommier, il semble donc que *P. ulmi* soit celle qui convienne le mieux à sa croissance larvaire.

D'autres alimentations ont été essayées : le Tétranyque du Tilleul, *Eotetranychus tiliarium* HERMANN s'est montré de valeur égale à *P. ulmi* pour les larves de première génération en salle climatisée. Mais par la suite les résultats ont été inférieurs.

3. — *Cannibalisme*

Ainsi qu'il est courant parmi les Hétéroptères prédateurs, les larves d'*Orius vicinus* sont susceptibles de s'attaquer mutuellement.

Ce cannibalisme se manifeste en élevage artificiel quelle que soit la proie mise à la disposition de l'insecte. Il est fréquent qu'il soit très peu important à la première génération qui se développe en salle climatisée à partir de pontes obtenues à l'extérieur, mais dans les générations suivantes, il augmente fortement.

Ce phénomène est accompagné d'une perte de vigueur générale des insectes. Il peut lui être lié et traduire une déficience nutritionnelle. En effet, on observe aussi une fréquence croissante des accidents au moment de la mue (l'insecte se dégage mal de son exuvie ou meurt).

Ceci nous a empêchés de dépasser la 7^{e} génération en conditions constantes contrôlées.

4. — *Consommations larvaires*

Le nombre de pucerons consommés par la larve jusqu'au stade imaginal ne dépasse pratiquement jamais la centaine (les pucerons sont donnés au 1er stade).

La consommation totale d'acariens apparaît remarquable, se situant entre 300 et 600 proies pour le développement larvaire. Elle augmente avec le nombre de générations en salle climatisée, tandis que la durée de développement tend à s'allonger. En comparant les résultats à l'intérieur d'une même génération, on voit que *Panonychus ulmi* est le plus consommé.

L'étude des graphiques de consommation journalière (fig. 2) montre des pics mieux marqués pour *P. ulmi* que pour *T. cinnabarinus* et une croissance plus rapide pour le premier. Ceci peut être dû à la différence de taille entre les femelles adultes des deux espèces.

5. — *Quantité minimale de nourriture et développement du prédateur*

La connaissance de la quantité minimale de proies que requiert un prédateur pour terminer son développement et atteindre le stade imaginal est évidemment très utile.

Avec le même dispositif que précédemment, nous avons fait quelques expériences dans le but de préciser ce point.

Trois modalités ont été essayées :

1. Lorsque les larves reçoivent seulement 5 femelles adultes de *T. cinnabarinus* par jour, nous n'avons obtenu que 2 adultes sur 8 individus avec une durée de développement de 20-21 jours.

La longueur de la vie imaginale a été de 5 jours.

2. Avec un lot de larves issues de la même ponte et 10 *T. cinnabarinus*/jour, le succès a été de 100 p. 100.

La durée moyenne de développement larvaire a été identique à la normale (16 jours), mais, là encore, les imagos sont morts en moins de 5 jours, sans que leur consommation s'élève au-dessus de 20 *T. cinnabarinus* par jour.

Les larves d'*Orius vicinus* peuvent donc terminer leur développement avec un nombre de proies journalier égal à 1/6 seulement de la quantité normalement détruite au dernier stade.

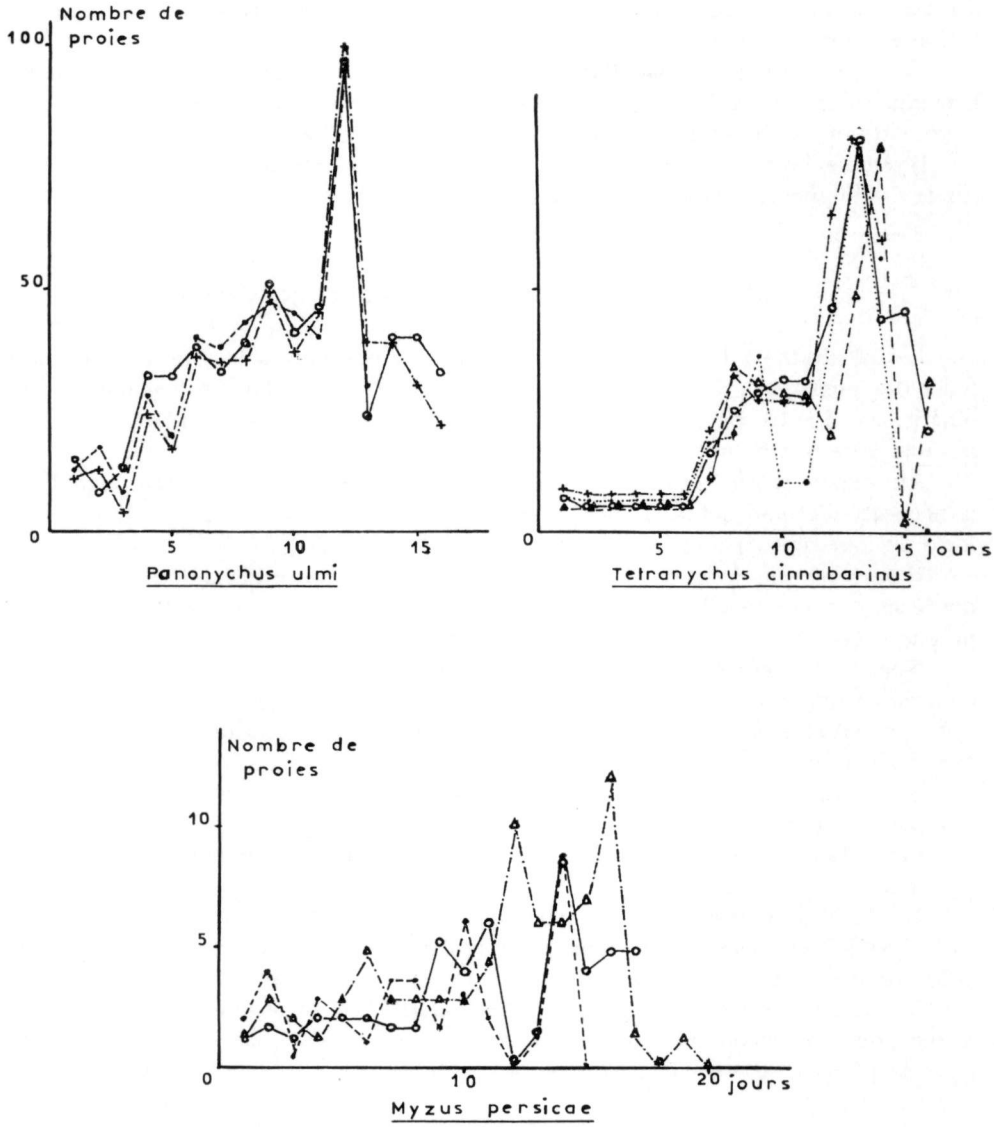


FIG. 2. — *Courbes de consommation journalière larvaire d'*Orius vicinus

Au total, les larves avaient consommé moins de la moitié de la nourriture utilisée par les témoins (108 au lieu de 284 en moyenne).

Nous avons alors cherché à voir l'effet d'une réduction de l'alimentation à chaque stade, en fournissant environ 1/3 du nombre de proies normalement absorbées.

3. En distribuant 5 femelles adultes par jour aux stades L_1-L_2, 10 aux stades L_3-L_4, 20 au stade L_5, nous avons obtenu :

— avec *Tetranychus cinnabarinus:* 1 mâle sur 7 larves en 16 jours.

Une forte mortalité est intervenue au stade L_5. Les larves présentaient un

aplatissement considérable de l'abdomen résultant apparemment de la sous-alimentation et sont mortes peu avant la mue.

— avec *Panonychus ulmi* (larves de même origine) : toutes les larves ont fait leur mue imaginale au bout de 15 jours, les imagos ont été accouplés et ont pondu, l'alimentation étant remise à satiété.

Il semble donc, dans ce cas, que *Panonychus ulmi* exerce une influence favorable sur le développement larvaire par rapport à *T. cinnabarinus*.

V. — REPRODUCTION SUR ALIMENTATION ANIMALE

Les résultats sont très variables. Cela tient, d'une part à la difficulté de mapuler des proies en grand nombre qui nous a empêchés de faire suffisamment de répétitions, d'autre part au fait que la fécondité des Anthocorides prédateurs est sensible à de nombreux facteurs.

ANDERSON (1962), étudiant plusieurs espèces du genre *Anthocoris*, signalait la nécessité d'études détaillées de l'influence des conditions d'élevage sur la physiologie de leur reproduction.

Il relevait que le défaut d'accouplement est une raison suffisante d'absence de ponte et que des femelles qui paraissent s'être normalement accouplées, peuvent ne pas posséder de sperme dans la poche spermatique.

Nous nous sommes heurtés aux mêmes difficultés et il semble même possible de préciser que, pour *Orius vicinus*, la plupart des accouplements dont la durée est différente en plus ou en moins de la durée normale de 7 mn, conduisent à une réduction du nombre d'œufs déposés.

Nos essais nous ont donné pour valeur maximale de la fécondité totale un peu plus de 300 œufs.

Cependant la plupart des femelles cessent de pondre lorsqu'elles atteignent 140 œufs.

La durée d'oviposition peut atteindre 63 jours (la durée de vie de l'insecte est de 88 jours à 25°C, 16-20 jours pour le développement larvaire et 3 jours de préoviposition) et la fécondité journalière, 14 œufs par femelle.

En fait, il y a toujours une grande irrégularité. De sorte que, pour l'ensemble d'une ponte, la fécondité moyenne journalière ne dépasse pas 6 œufs/♀/jour et dans la plupart de nos élevages, s'est située autour de 3 à 4 seulement.

1. — *Influence de la qualité de l'alimentation*

Il ne nous a pas été possible d'analyser correctement l'influence de chacune des deux nourritures *P. ulmi* et *T. cinnabarinus* pour diverses raisons. De nombreux accidents ont perturbé les observations faites avec alimentation sur *P. ulmi* et le fait même que nous devons recourir à des prélèvements sur le terrain pour obtenir une quantité suffisante de cet acarien, conduit à utiliser un aliment de qualité très variable.

Lorsqu'elles sont offertes à satiété, elles conduisent à des chiffres très semblables aussi bien pour les valeurs journalières maximales de la fécondité que pour le nombre total d'œufs pondus (tabl. 3).

TABLEAU 3

*Fécondité et durée de ponte des femelles d'*O. vicinus *sur alimentations naturelles*

Génération	Alimentation											
	Myzus persicae				*Tetranychus cinnabarinus*				*Panonychus ulmi*			
	Nombre	Fécondité totale moyenne	Fécondité journalière moyenne	Durée moyenne ponte (j)	Nombre	Fécondité totale moyenne	Fécondité journalière moyenne	Durée moyenne ponte (j)	Nombre	Fécondité totale moyenne	Fécondité journalière moyenne	Durée moyenne ponte (j)
F_0	9	88,7	3,3	30	3	103	2	50				
F_1	9	118	3,0	37,1	4	22	1,2	26,5	5	137	5,0	26,2
F_2	1	124	4,9	25	6	137	4,0	35				
F_3	4	100	1,9	52	2	75	2,25	34				
F_4	1	98	3,7	26	2	31	2,5	12				
F_5	3	93	2,4	37	2	12	1,3	10				
F_6	4	47	1,8	25	1	27	2,4	11	1	26	2,1	12
F_7	2	94	4,2	22								

En ce qui concerne la fécondité totale, il convient de remarquer que les chiffres les plus élevés ont été obtenus avec ces deux acariens, alors que sur pucerons seuls (*Myzus persicae*) elle n'a atteint que les 2/3, mais de façon plus constante.

2. — *Quantité d'acariens consommés durant la période de reproduction*

Les femelles d'*Orius vicinus* étant alimentées avec un nombre constant de proies chaque jour (environ 100), il est intéressant de comparer l'allure des courbes de consommation journalière. On voit que la consommation de *T. cinnabarinus* est en général beaucoup plus irrégulière que celle de *P. ulmi* (fig. 3).

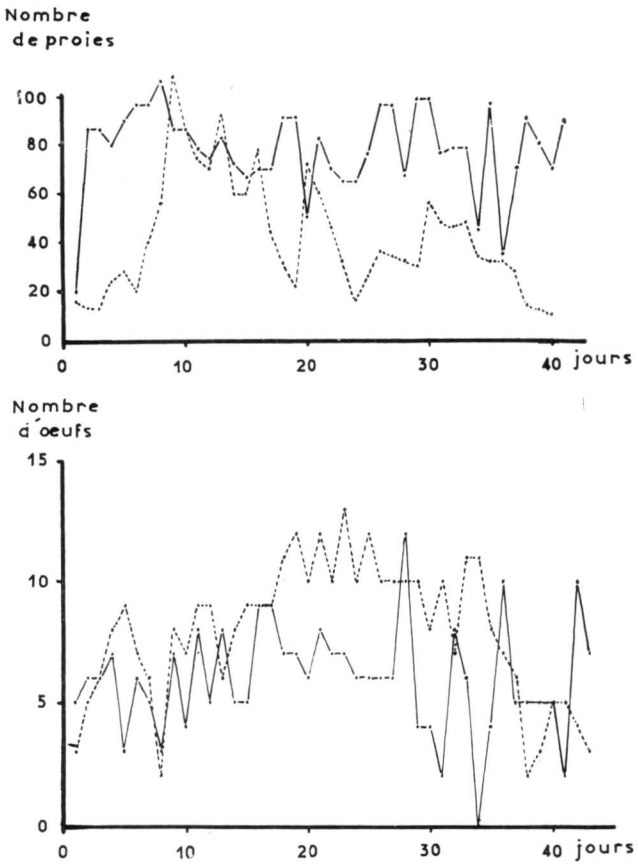


FIG. 3. — *Courbes de consommation et de fécondité journalières d'*Orius vicinus *élevé sur* Panonychus ulmi (trait plein) *et sur* Tetranychus cinnabarinus (pointillé)

3. — *Influence de la limitation de la quantité journalière d'alimentation*

Au cours de nos premiers essais réalisés avec des insectes s'étant apparemment accouplés normalement, nous n'avions obtenu aucun œuf, malgré un gonflement de l'abdomen bien visible, en distribuant 60 adultes de *T. cinnabarinus* par femelle et par jour.

De nouvelles expériences nous ont montré que quelques femelles peuvent pondre dans ces conditions mais leur fécondité totale est réduite (44 œufs). Avec *P. ulmi* nous avons obtenu de la même façon 65 œufs.

La comparaison des courbes d'alimentation journalière montre que la consommation de *T. cinnabarinus* est toujours plus irrégulière que celle de *P. ulmi*.

CONCLUSIONS

Nous avons pu apporter un certain nombre de précisions à la biologie d'*Orius vicinus*, anthocoride généralement assez répandu dans notre région et susceptible de se développer en nombre important dans les colonies d'acariens phytophages.

Son développement paraît assez rapide (16 jours à 25°C) et sa fécondité peut être élevée (jusqu'à 335 œufs), bien qu'elle se soit limitée à la moitié dans la plupart des observations.

Il apparaît comme un insecte polyphage, capable de vivre avec des alimentations très diverses même végétales.

Avec certains pollens, il peut réaliser son développement larvaire complet mais cette nourriture seule ne lui permet pratiquement pas de pondre.

Le fait qu'il se développe bien sur celui de pommier, indique la possibilité d'une relation directe avec la plante hôte.

Son régime prédateur étendu le rend capable d'utiliser de nombreux acariens ou insectes pour son développement et sa reproduction. Cependant tous ne conviennent pas également et il semble s'alimenter préférentiellement sur les premiers qu'il détruit en grand nombre (300 à 600 pour le développement larvaire et jusqu'à 100/jour au stade imaginal). Mais sa spécificité alimentaire n'est pas étroite.

Les difficultés d'élevage en conditions constantes contrôlées n'ont pas permis de réduire suffisamment la variabilité des résultats pour mettre en évidence une hiérarchie dans la valeur nutritionnelle des différentes proies proposées, en ce qui concerne la reproduction notamment.

Panonychus ulmi se montre assez favorable mais paraît être consommé en plus grand nombre.

La fécondité d'*Orius vicinus* est liée de façon assez étroite à la quantité journalière d'alimentation distribuée au stade imaginal de sorte que les résultats obtenus pourraient probablement être remis en cause s'il nous était possible de disposer d'un élevage continu de *P. ulmi* en conditions standardisées.

Reçu pour publication en août 1970.

SUMMARY

THE INFLUENCE OF FOOD ON THE BIOLOGY OF *ORIUS VICINUS* RIBAUT (*HETEROPTERA, ANTHOCORIDAE*)

Orius vicinus has three generations a year. Hibernating females fly on apple trees at blossom-time and give rise to important populations which will develop later on *Panonychus ulmi*.

Laboratory studies of the influence of food on its development and reproduction, show that it can grow on pollen alone (of fruiting *Rosaceae* particularly) but that its reproduction remains yet poor.

Comparison of its larval development on different preys points to a specificity towards *P. ulmi* but fecundity does not present significant differences.

Reproductive period may attain 63 days, mean total fecundity does not exceed 150 eggs/female although some lay more than 300 eggs. Total larval consumptions are of one hundred young aphids or 3 to 6 hundred mites according to the species tested.

Mean daily number of mites consumed during imaginal life is 60 to 80 per female.

Study of minimum quantity of food necessary for complete development indicates that it may be reduced to 1/3 to 1/6 of that usually used up.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDERSON N. H., 1962. Growth and fecundity of *Anthocoris* spp. reared on various prey (*Heteroptera, Anthocoridae*). *Ent. exp. appl.*, **5**, 40-52.

CARAYON J., STEFFAN J. R., 1959. Observations sur le régime alimentaire des *Orius* et particulièrement d'*Orius pallidicornis* REUTER (*Heteroptera, Anthocoridae*). *Cah. Nat. Bull. N. P.*, n. s., **15**, 53-63.

DICKE F. F., JARVIS J. L., 1962. The habits and seasonal abundance of *Orius insidiosus* SAY (*Hemiptera-Heteroptera* : *Anthocoridae*) on corn. *J. Kans. entomol. Soc.*, **35**, 301-304.

Ann. Zool. Écol. anim., 1971, **3** (1), 43-48.

INTERACTIONS ENTRE LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE ET LE COMPORTEMENT DE REPRODUCTION DU PUCERON *MYZUS PERSICAE*

L.-M. DE REGGI

Laboratoire de Biométrie, Section de Biologie générale et appliquée, Faculté des Sciences de Lyon, 69 - Villeurbanne

RÉSUMÉ

Les pucerons dont le rostre a été désorganisé continuent de se reproduire, à l'inverse de ceux soumis au jeûne classique. Nous avons observé la même réponse sans porter atteinte à l'intégrité de l'appareil buccal, par l'immobilisation forcée des insectes. Par ailleurs, l'amputation du rostre inhibe le comportement d'exploration qui se manifeste normalement chez les pucerons isolés de leur plante-hôte.

L'influence sur la ponte d'un traitement appliqué au rostre tient donc à la modification du comportement de l'insecte : l'individu auquel la prise de nourriture est interdite ne recherche plus son aliment, ce qui en retour rend la ponte possible. Le phénomène s'explique donc par un antagonisme entre le comportement de recherche de la nourriture et le comportement de ponte.

La finalité de ce phénomène est discutée.

INTRODUCTION

La technique du jeûne banal, qui est une simple privation de nourriture, peut apporter une contribution à la connaissance de la physiologie normale de l'insecte (LEGAY, 1955). On peut également soumettre l'appareil buccal de l'insecte à des traitements tels que la prise de nourriture lui soit, définitivement ou non, impossible. Nous allons voir que ces deux méthodes ne sont pas équivalentes et peuvent aboutir à des résultats quantitativement et qualitativement différents.

On peut s'opposer à l'alimentation du puceron en sectionnant l'extrémité du rostre ou encore par la dissociation ou l'obstruction des stylets. Les individus traités de la sorte montrent une activité de ponte (1) qui ne s'observe pas dans le cas d'un

(1) Le terme de ponte désigne la reproduction des pucerons, bien qu'elle soit du type vivipare.

jeûne banal. BRADLEY (1960, 1962) attribue ce phénomène à une sensibilité particulière de l'appareil buccal. Notons cependant qu'il est également observé après décapitation de l'insecte, puceron (JOHNSON, 1959) ou moustique (DE COURSEY et WEBSTER, 1952). L'agonie de *Aedes sollicitans* s'accompagne en effet d'une forte émission d'œufs, due au « death stress ».

Nous sommes donc en présence d'un phénomène assez général, qui ne peut s'expliquer par la seule perturbation de la morphologie ou de la physiologie de l'appareil buccal. Aussi, après avoir appliqué à *Myzus persicae* certains des traitements utilisés par BRADLEY, avons-nous tenté d'obtenir la même réponse sans porter atteinte à l'intégrité du rostre. Nous avons concurremment suivi le comportement des pucerons traités.

PROCESSUS EXPÉRIMENTAL

Le matériel vivant est constitué de femelles parthénogénétiques et aptères, dans leur première semaine de vie adulte. Elles sont anesthésiées par le froid (une demi-heure à 1°) et sont soumises aux traitements suivants :

1. Pucerons privés de nourriture, confinés dans des récipients vides :
   a) amputation de l'extrémité du rostre ;
   b) immobilisation en position dorsale sur ruban adhésif ;
   c) jeûne banal.
2. Pucerons normalement nourris (témoins).

On établit chaque jour la mortalité et la fécondité, soit le nombre moyen de larves émises par femelle survivante, à l'intérieur des différents lots.

L'activité d'exploration des pucerons amputés du rostre et de ceux soumis au jeûne banal est estimée de la manière suivante : chaque puceron est introduit à l'entrée d'un tube de verre incliné à 40° par rapport à l'horizontale et éclairé à son extrémité supérieure. Ces dispositions incitent les insectes à ne se déplacer que dans une seule direction : du bas vers le haut. Leur position est relevée toutes les 10 mn ; on en déduit la distance parcourue au total en 60 mn.

RÉSULTATS

1. — *Reproduction*

Pendant les premières 24 heures de l'expérience la reproduction des pucerons non alimentés est différente selon qu'il s'agit d'un jeûne banal ou non (fig. 1) :

— les individus amputés de la portion distale du rostre et ceux qui ont été immobilisés donnent naissance à autant de larves que les témoins ;

— pendant la même période la ponte des pucerons soumis au jeûne banal est pratiquement nulle.

Par la suite ce dernier lot se comporte comme les autres, avec toutefois un décalage de 24 heures. Au total, les femelles soumises au jeûne banal pondent légèrement moins que les amputées ou les immobilisées (tabl. 1), ce qui semble être la conséquence de la rétention des embryons mise en évidence pendant la première période de 24 heures.

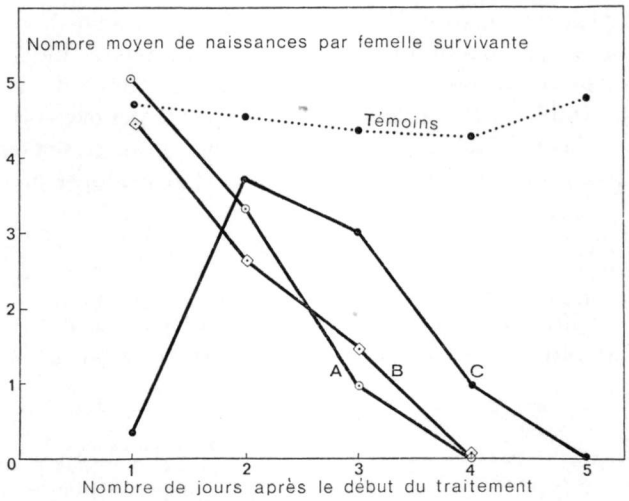


FIG. 1. — *Effets du jeûne sur la reproduction de* Myzus persicae

A — Amputation du rostre.
B — Immobilisation.
C — Jeûne banal.

TABLEAU I

Fécondité moyenne et pourcentage de mortalité de pucerons privés de nourriture par divers traitements

	Amputation du rostre		Immobilisation		Jeûne banal		Témoins	
	Fécondité	Mortalité	Fécondité	Mortalité	Fécondité	Mortalité	Fécondité	Mortalité
1er jour	4,49	0	5,05	0	0,36	0	4,67	0
2e jour	2,64	13	3,31	5	3,70	8	4,55	0
3e jour	1,44	80	1,00	42	3,00	56	4,40	0
4e jour	—	100	—	93	1,00	92	4,32	0
5e jour	—	—	—	100	—	100	4,00	0
Nombre total de femelles utilisées	45		57		36		15	
Nombre total de naissances par femelle	7,20		3,77		5,17			

2. — *Comportement d'exploration*

Au début de l'expérience, alors que les pucerons viennent d'être prélevés de leur plante, l'activité d'exploration est rigoureusement nulle. Elle se manifeste quelques heures plus tard, mais uniquement dans le cas du jeûne banal, précisément chez les individus qui ne montrent aucune activité de ponte. Les pucerons ayant subi l'amputation du rostre, dont nous avons vu qu'ils se reproduisent normalement, restent immobiles (tabl. 2). Il y a donc au cours de cette période corrélation inverse entre la ponte et la mobilité. Un contrôle effectué après 41 heures d'expérience montre une agitation plus marquée chez les premiers et quelques mouvements chez les seconds.

TABLEAU 2

Activité d'exploration des pucerons privés de nourriture, soit par amputation du rostre, soit par jeûne banal

La mesure est effectuée au début de l'expérience, puis 18 et 41 heures plus tard

	Distance parcourue en 60 mn	
	Jeûne banal	Amputation du rostre
t = 0	0	0
t = 18 h	30,5 cm	0*
t = 41 h	42,5 —	6,9 cm

* A l'exception d'un seul puceron qui a parcouru 63,5 cm.

DISCUSSION

On sait que l'acte de ponte des insectes se caractérise par un comportement spécifique défini avec précision, mais présente cependant une relative plasticité (LABEYRIE, 1966), ce qui rend possible une certaine adaptation aux situations nouvelles. Ainsi nous pouvons confirmer que la ponte de *Myzus persicae* est réduite en l'absence de plante-hôte, comme cela a été observé chez d'autres insectes (CADEILHAN, 1966, en donne un exemple). L'explication de ce phénomène doit être recherchée, de même que la réaction des pucerons qui, après amputation du rostre, se reproduisent indépendamment de la présence ou de l'absence du végétal.

Notre interprétation nous amène à considérer deux périodes distinctes dans le déroulement de l'expérience, dont la limite se situe approximativement 24 heures après le début du jeûne.

— *Au cours de la première période* le comportement de recherche de l'aliment que reflète l'activité d'exploration mesurée, ne se manifeste pas chez tous les pucerons ; il n'apparaît pas après l'amputation du rostre. Il est tout à fait légitime de

penser qu'il en est de même chez les insectes immobilisés. Or, c'est exclusivement dans ces deux derniers cas que la ponte se poursuit.

Cette observation ne peut être clairement comprise qu'au travers de deux hypothèses :

1° Les traitements qui interdisent à l'insecte toute prise de nourriture provoquent *l'extinction du comportement de recherche de la nourriture*. Cela est évident dans le cas de l'immobilisation et *a fortiori* de la décapitation. Il doit en aller de même après désorganisation de l'appareil buccal.

2° Ces traitements sont compatibles avec la ponte. Cela traduit un *antagonisme entre le comportement de recherche de la nourriture et le comportement de ponte*.

Il est possible que ce mécanisme atteigne l'activité de reproduction dans son ensemble. JOHNSON (1959) montre en effet que le développement embryonnaire cesse chez les virginipares ailés pendant la durée de leur migration, pour reprendre après la fixation définitive de l'insecte sur une plante, attestée par la dégénérescence des muscles alaires.

— *Au cours de la deuxième période* les effets du jeûne se manifestent sous la forme d'une mortalité rapidement croissante (tabl. 1). L'activité de ponte qui apparaît chez les pucerons soumis au jeûne banal peut alors s'interpréter comme un effet de l'agonie, selon la conception de DE COURSEY et WEBSTER (1952).

CONCLUSIONS

Il est tentant de s'interroger sur la finalité de ces phénomènes. Du point de vue de la survie de la population aphidienne, l'arrêt de la ponte pendant la recherche de l'aliment est évident : les larves nées dans ces conditions ne pourraient subsister. D'autre part la ponte « désespérée » qui accompagne l'agonie tend aussi à la sauvegarde de la population. DE COURSEY et WEBSTER signalent en effet qu'elle peut réduire l'efficacité des traitements insecticides contre les moustiques.

En fait, l'antagonisme que nous avons relevé entre les comportements de recherche de la nourriture et de ponte s'inscrit naturellement dans l'ensemble de la physiologie de l'insecte. Il concourt, avec sans nul doute d'autres aspects du comportement, à la réalisation des conditions écologiques et physiologiques satisfaisantes au moment de la ponte, dont IPERTI (1964) nous donne un exemple.

Il serait intéressant de définir de la même manière les rapports pouvant exister entre la séquence suivante du comportement alimentaire, c'est-à-dire la prise de nourriture, et la ponte. Sans doute il y a-t-il indépendance, comme BILIOTTI (1964) et DELANOUE et ARAMBOURG (1964) l'ont montré chez *Eupelmus urozonus*. Cela expliquerait qu'on puisse observer la reproduction de *Myzus persicae* en l'absence de prise de nourriture.

Reçu pour publication en décembre 1970.

SUMMARY

LARVIPOSITION RESPONSE OF MATURE VIVIPARAE OF *MYZUS PERSICAE* AFTER TREATMENTS WHICH INHIBIT THE FOOD UPTAKE

Cutting off the stylets of viviparae of *Myzus persicae* caused them to give birth to a unusual large number of larvae, for aphids that could not feed. In order to study this problem adult aphids are submitted to the following treatments :

1. Amputation of the mouthparts.
2. Immobilization in dorsal position.
3. Common starvation.
4. Controls.

Results

1. 24 hours later, only amputated and fixed aphids produced a normal number of larvae, and the amputated ones looked motionless. On the contrary, the starved ones did not reproduce and showed a great mobility. Therefore the treatments that prevent insects from feeding (even when placed on their food) inhibit the hostplant investigations and then larviposition can proceed. In other words, food investigations inhibit the production of larvae.
2. Afterwards, the drastic effects of hydric starvation induced a larviposition response which looked like a death stress effect.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BILIOTTI E., 1964. Relations entre la recherche de l'aliment et le déterminisme de dépôt des œufs chez les entomophages. *Ann. Épiphyties*, **15**, 329.

BRADLEY R. H. E., 1960. Effect of amputating stylets of mature apterous viviparae of *Myzus persicae*. *Nature*, **183**, 337-8.

BRADLEY R. H. E., 1962. Response of the aphid *Myzus persicae* (SULZER) to some fluids applied to the mouthparts. *Canad. Entomol.*, **94**, 707-22.

CADEILHAN L., 1965. Stimulation de la ponte d'*Acrolepia assectella* (ZELL.) par la présence de la plante-hôte. *C. R. Acad. Sci.*, **261**, 1106-9.

COURSEY J. D. de, WEBSTER A. P., 1952. Effect of insecticides and other substances on oviposition of *Aedes sollicitans*. *J. econ. Entomol.*, **45**, 1030-4.

DELANOUE P., ARAMBOURG Y., 1964. Relation entre la prise de l'aliment et le dépôt de l'œuf chez *Eupelmus urozonus* DALM. (Hym. Eupelmidae) parasitant *Myopites stylata* FABR. (Dipt. Trypetidae). *Ann. Épiphyties*, **15**, 331.

IPERTI G., 1964. Relation entre la recherche de l'aliment et le déterminisme de dépôt des œufs chez les Coccinelles. *Ann. Épiphyties*, **15**, 329-30.

JOHNSON B., 1959. Studies on the degeneration of the flight muscles of alate aphids. II. Histology and control of muscle breakdown. *J. Insect Physiol.*, **3**, 367-77.

LABEYRIE V., 1966. Importance de l'intégration des signaux fournis par l'hôte lors de la ponte des insectes. *Année psychol.*, **66**, fasc. 1.

LEGAY J. M., 1955. *La prise de nourriture chez le Ver à soie.* Thèse, Sci. Nat., Paris.

Ann. Zool. Écol. anim., 1971, **3** (1), 49-55.

THE SCANNING ELECTRON MICROSCOPE IN ACAROLOGY (1)

D.-A. GRIFFITHS, D. MACFARLANE * and J.-G. SHEALS **

Agricultural Research Council, Pest Infestation Laboratory, Slough
** Commonwealth Institute of Entomology, London*
*** British Museum (Natural History), London*

Hitherto the study of fine detail in biological material has depended on the use of two main instruments, the optical microscope and the transmission electron microscope. Within the past three years a new device, the scanning electron microscope, has become available and to a large extent the applications of this instrument lie in a field which is not adequately catered for by either of the two established types of microscope. In 1966 a scanning electron microscope, the Cambridge Instrument Company's « Stereoscan », was installed in the British Museum (Natural History) and the potential value of this instrument in acarological research is reviewed in this brief preliminary report. The account is supported by micrographs selected from a series exhibited at the VI European Mite Symposium. We are indebted to the staff of the Electron Microscope Unit of the British Museum (Natural History), particularly Mr. B. S. MARTIN and Mr. C. G. OGDEN, for their advice and assistance.

Although in recent years the versatility of the optical microscope has been enormously extended by the development of techniques such as interference-, phase-contrast-, and fluorescent-microscopy, the instrument is fundamentally limited by the properties of light. The wave-length of light limits attainable resolution to about 5 000 angström units (2) and effective magnification to around 1 000 times. Moreover, the depth of fields is very small, and for examination under high magnifications specimens generally have to be flattened, sectioned, or otherwise distorted. With a transmission electron microscope resolutions of 5 angström units can be attained and magnifications can be as high as one million times. However, material for examination must be electron transparent so that topographical features can only be studied by using complex and difficult replication techniques.

(1) Communication from the VIth European Colloquium on Acarology (Versailles, 1968.)
(2) 1 ångström unit = 10^{-10} m.

The Stereoscan eliminates many of the disadvantages of optical and transmission electron microscopes. With this instrument the maximum resolution varies between 300 and 150 angström units, depending on operating conditions. Magnifications of up to 220 000 times can be attained, although the useful magnification is limited to about 25 000 times. Far more important is the tremendous depth of field. This is at least 300 times greater than that of an optical microscope working at a similar magnification.

In the Stereoscan an electron beam, accelerated by a voltage which can be varied continuously between 1 and 20 kV is fired down an evacuated column and brought to focus on to the specimen by a series of electromagnetic condenser lenses. A deflection coil in the final lens causes the high energy beam to move over a small area of the surface of the specimen in a zig-zag raster. The current of the deflection coil also passes through the scanning coils of a cathode ray tube to produce a similar but greatly magnified, raster on the tube's surface. On striking the surface of the specimen the high energy beam sets up a secondary low energy electron emission. The secondary electrons are collected by a scintillator-photomultiplier system and the resulting current is used to modulate the intensity of the beam of the cathode ray tube. In this way an image of the scanned surface is formed in strong relief on the surface of the tube. The instrument is provided with two cathode ray tubes ; a « display » CRT with a long persistent phosphor for immediate visual observation and a « record » CRT for photography. High definition micrographs can be obtained from the « record » CRT by using slow scanning speeds.

SPECIMEN PREPARATION

Material for examination needs comparatively little preparation and the preliminary treatment causes little or no distortion. Specimens are examined dry, and the best results have been obtained with fresh material which was freeze-dried, but useful photographs have also been obtained with air dried spirit-preserved material. The dried specimens, which can be up to 12 mm in diameter and 3 mm thick are stuck on to small metal discs which plug into the stage of the specimen chamber. About 20 medium-sized mites can be accommodated on one disc. Several adhesives, including epoxy resins, gum chloral and double-sided adhesive transparent tape, have been found satisfactory. Gum chloral is very convenient since the specimens can easily be recovered after examination by soaking the disc in water, although on drying this material often cracks badly and produces an unsightly background for photographs of whole specimens. The mounted specimens are then placed in a coating unit to receive a thin conducting layer of evaporated gold. Coating is not absolutely essential — indeed with unique specimens the procedure might not be acceptable — and if the accelerating voltage is reduced to around 3 kV or less uncoated material can be examined. Under these operating conditions resolution is reduced to around 1 500 angström units. Surface contaminants can both interfere with the coating process and obscure surface detail, but with lightly sclerotized species it has been found empirically that clean specimens can be obtained by plunging the living mites into liquid nitrogen before placing in the freeze-drying unit. This procedure has not been successful with heavily sclerotized mites.

SURVEY

The best results have been obtained with lightly-sclerotized mites, such as the Acaridae and Glycyphagidae amongst the Astigmata, and the Tetranychoidea amongst the Prostigmata. The results with the more heavily sclerotized Meso-

stigmata and Cryptostigmata, although useful, have been less satisfactory. The problem here seems to be concerned mainly with preparation. In heavily sclerotized mites surface contaminants are difficult to remove and the exoskeleton appears to carry substances which interfere with the coating process so that parts of the specimen tend to « charge up » under the electron beam.

Micrographs of external structures in mites representing four orders are reproduced in figures 1-8. Some are worthy of special comment. Although taken at a relatively low magnification (× 370) the *en face* view of the undistorted gnathosoma of *Caloglyphus berlesei* (MICHAEL), (fig. 1) is particularly informative. On each side, Grandjean's organ is seen to be directed paraxially between the upper surface of the infracapitulum and the lower surface of the principal segment of the chelicera. The form and position of these organs suggest a chemosensory function. The relative positions of the rutellum-like projections of the infracapitulum and the chelicerae suggests that during feeding food material held in the chelicerae is scraped against these structures as the chelicerae are drawn inwards and downwards between them. The oral opening is clearly visible behind the cheliceral digits.

Figure 2 illustrating the interdigitating processes on the anal plate of *Rhysotritia duplicata* GRANDJEAN and figures 3 and 4 showing the sub-capitular groove and deutosternal denticles of *Macrocheles muscaedomesticae* (SCOPOLI) are perhaps the least aesthetically pleasing of the series and are fairly typical of the results obtained with heavily sclerotized species. The major problem here is surface contamination but nevertheless the results could be extremely useful. The sort of reentrant detail shown in figure 2 is helpful for understanding function and in figure 4 the integumentary origin of the deutosternal teeth is clearly seen, yet in the light microscope even rows of denticles can often be discerned only with difficulty.

Figures 5, 6 and 7 show various structures in *Tetranychus urticae* KOCH. The remarkably clear and detailed picture of the bases of the solenidion and its coupling seta is interesting. Duplex setae have apparently evolved quite independently in several mite groups. In *Tetranychus* the coupling seta is relatively long and relatively far removed from its solenidion, but in certain Cryptostigmata (for example *Steganacarus* species) Stereoscan photographs show the coupling seta to be very closely applied to the base of the solenidion, rather like a bract. It is interesting to speculate on the function of this association. Solenidia are almost certainly chemosensory while normal setae are tactile, and the duplex arrangement probably enables the solenidion to function both as a chemosensory and tactile organ. Purely tactile stimuli could be transmitted to the coupling seta at its base.

Figure 8, showing the supra-coxal seta of *Glycyphagus domesticus* (DE GEER), is the most pleasing of all the micrographs. The fine structure of this seta is an important taxonomic feature in the genus *Glycyphagus* and indeed in other Astigmata. It is extraordinarily easy to obtain useful photographs of this seta with the Stereoscan, but with the light microscope its detailed structure can be observed only with difficulty. It is easily distorted by the pressure of the cover glass, and in flattened specimens the whole seta may be obscured by integumentary folds.

Although our exploratory work with the Stereoscan has been little more than a superficial examination of Acari from diverse groups, the results are encouraging. It would seem that with this instrument many of the traditional skills of the taxonomist may no longer be necessary. Interpretations of complex structures need

no longer depend on difficult studies in optical section and the instrument could revolutionize the approach to descriptive taxonomy by facilitating the rapid production of detailed objective descriptions based substantially on photographs. Apart from eliminating much of the subjective element in descriptive work, it could in this way reduce the labour, and hence the cost, of producing taxonomic treatises which hitherto have had to be illustrated with detailed line drawings.

Reçu pour publication en août 1970.

RÉSUMÉ

LE MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE « A BALAYAGE » EN ACAROLOGIE

A l'inverse des deux microscopes déjà existant, le microscope optique et le microscope électronique, le microscope électronique « à balayage » permet grâce à la profondeur du champ d'obtenir une image possédant un relief puissant. Il est donc particulièrement bien adapté à l'étude des Acariens.

Le mode de préparation des coupes est décrit. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec des Acariens peu chitinisés.

Un commentaire des microphotographies illustrant le mémoire permet de voir quelles difficultés ont été surmontées par l'emploi de ce procédé nouveau et les progrès qu'il apporte dans l'étude de la systématique des Acariens.

PLATE I

FIG. 1.

Caloglyphus berlesei (MICHAEL) (Astigmata), *in face* view, × 370.

(*Caloglyphus berlesei* (MICHAEL) (Astigmata). Vue de face, × 370).

FIG. 2.

Rhysotritia duplicata GRANDJEAN (Cryptostigmata), anterior portion of anal plate with interdigitating processes, × 800.

(*Rhysotritia duplicata* GRANDJEAN (Cryptostigmata), partie antérieure de la plaque anale avec des formations interdigitées, × 800).

FIG. 3.

Macrocheles muscaedomesticae (SCOPOLI) (Mesostigmata), showing the subcapitular groove and rows of deutosternal denticles. The arms of the biramous tritosternum have been displaced to the right, × 650.

(*Macrocheles muscaedomesticae* (SCOPOLI) (Mesostigmata), montrant le sillon subcapitulaire et les rangées de denticules deutosternaux. Les bras du tritosternum à deux branches ont été déplacés vers la droite, × 650).

FIG. 4.

Macrocheles muscaedomesticae (SCOPOLI) (Mesostigmata), single row of deutosternal denticles, × 2600.

(*Macrocheles muscae domesticae* (SCOPOLI) (Mesostigmata), rangée unique de denticules deutosternaux, × 2600).

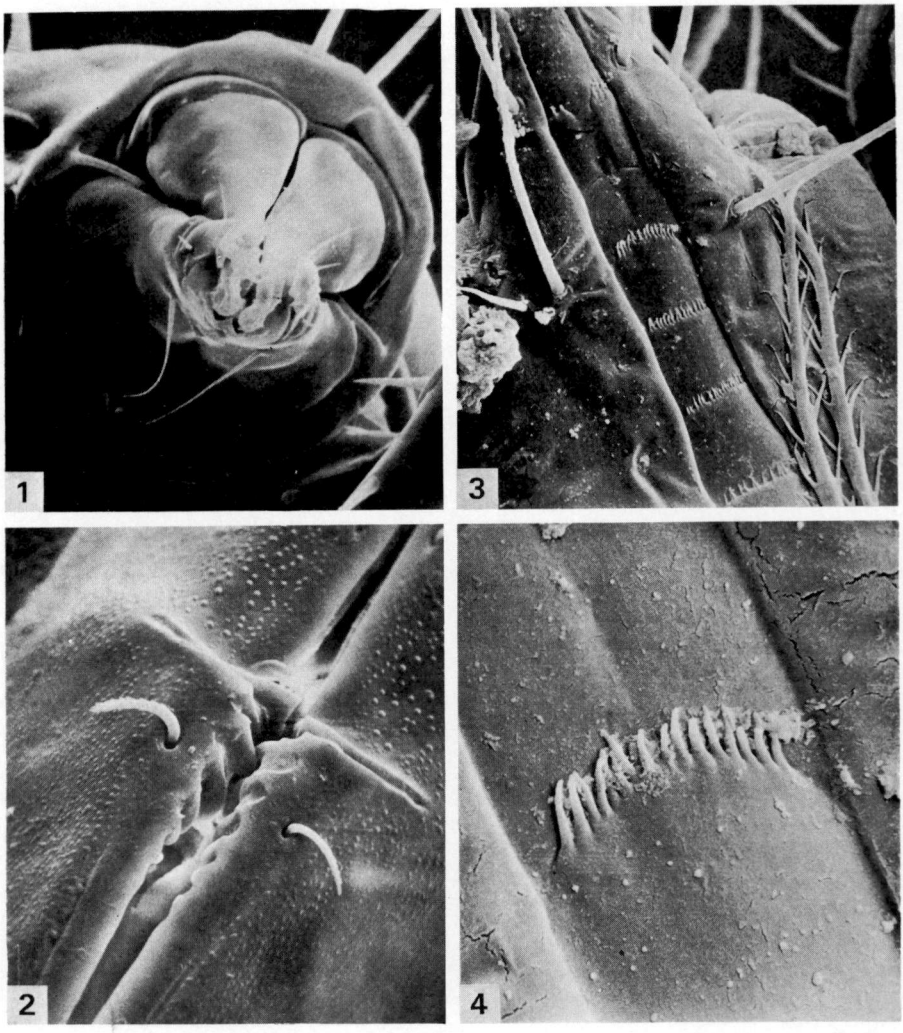

1
3
2
4

PLATE II

FIG. 5.

Tetranychus urticae KOCH (Prostigmata), ambulacrum of leg I, × 1540.

(*Tetranychus urticae* KOCH (Prostigmata), ambulacre de la patte I, × 1540).

FIG. 6.

Tetranychus urticae KOCH (Prostigmata), duplex setae of tarsus I, × 4000.

(*Tetranychus urticae* KOCH (Prostigmata), soie double du tarse I, × 4000).

FIG. 7.

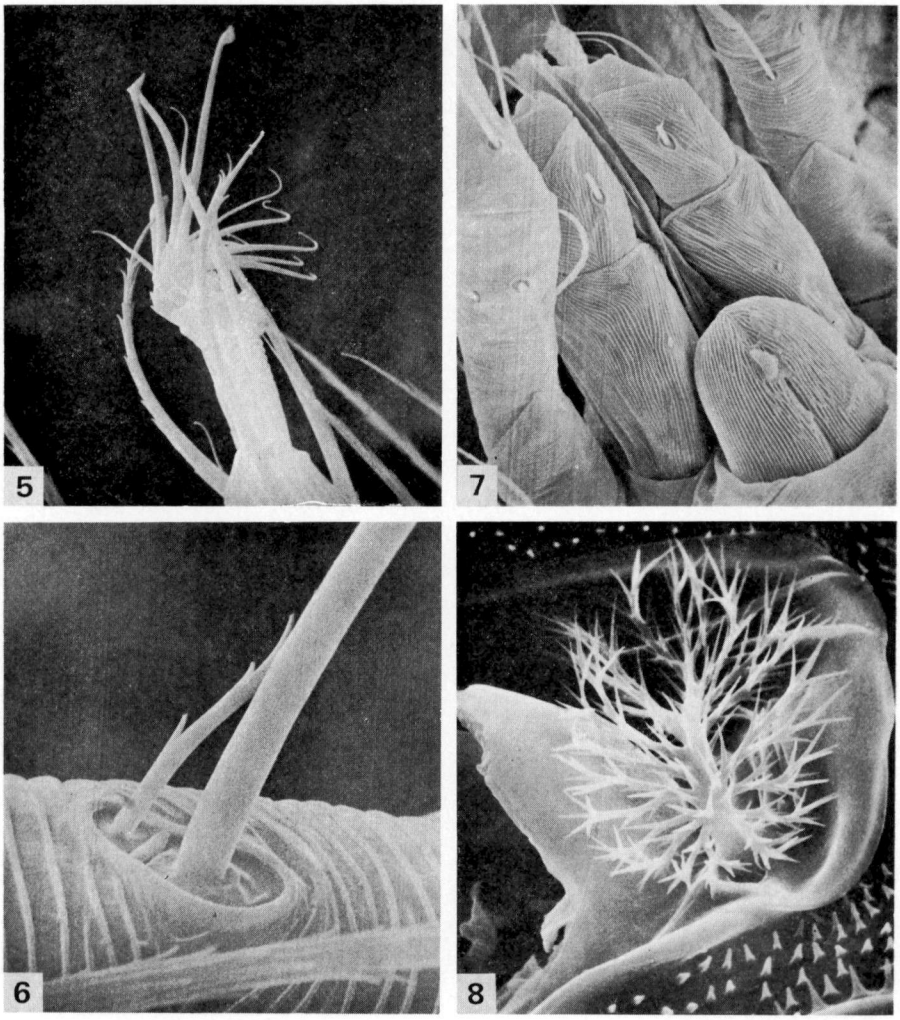
Tetranychus urticae KOCH (Prostigmata), gnathosoma, × 500.

(*Tetranychus urticae* KOCH (Prostigmata), gnathosoma, × 500.)

FIG. 8.

Glycyphagus domesticus (DE GEER) (Astigmata), supracoxal seta, × 2000.

(*Glycyphagus domesticus* (DE GEER) (Astigmata), soie supracoxale, × 2000).



D.-A. GRIFFITHS, D. MACFARLANE and J.-G. SHEALS

Ann. Zool. Écol. anim., 1971, **3** (1), 57-68.

BACILLUS THURINGIENSIS DANS LA LUTTE CONTRE LA PYRALE DU MAÏS, *OSTRINIA NUBILALIS* HUBN. (LÉPIDOPTÈRES, PYRALIDES)

D. MARTOURET et P. ANGLADE

Station de Recherches de Lutte Biologique et de Biocœnotique, I. N. R. A., La Minière, 78 - Guyancourt par Versailles

Station de Zoologie, Centre de Recherches de Bordeaux, I. N. R. A., 33 - Pont-de-la-Maye

RÉSUMÉ

La sensibilité de la Pyrale du Maïs à *Bacillus thuringensis* est connue depuis 1930, mais des résultats positifs n'ont pu être enregistrés que grâce à la définition du stade de la plante (« fin de cornet, panicule visible ») le plus favorable à un traitement unique et à l'utilisation de formulations granulées.

Les expérimentations réalisées en parcelles ont permis de définir :
— la concentration en matière active bactérienne : 500UA *A. k.* par mg ;
— la dose d'emploi du produit commercial (30 kg/ha).

Les traitements de plein champ donnent des résultats comparables à ceux obtenus par l'emploi du DDT. Les rendements en grains secs sont toujours significativement accrus par rapport à ceux des témoins.

INTRODUCTION

Alors que les travaux de ANGLADE et STENGEL (1964) et ceux de CANGARDEL (1966) définissent la période phénologique la plus favorable à toute intervention de lutte contre la Pyrale du Maïs et permettent d'approcher la définition d'un niveau de population économiquement tolérable pour la production de maïs-grain en France (ANGLADE *et al.*, 1966) à partir de 1967, une nouvelle expérimentation

est entreprise à l'aide de *Bacillus thuringiensis*, dans la perspective de proposer contre *Ostrinia nubilalis* HUBN. une méthode de lutte sélective et dépourvue d'effets secondaires indésirables sur la faune et l'environnement.

En effet, comme le montre l'analyse faite dans les chapitres I et II du présent travail, depuis les précédentes tentatives d'application de la bactérie à la lutte contre la Pyrale, les connaissances acquises dans le domaine des relations entre le germe et l'insecte et dans celui des conditions optimales d'intervention contre le ravageur permettent maintenant de mieux discerner les causes de la médiocrité de certains résultats obtenus jusqu'alors. Ce faisant, possibilité était donnée d'envisager, dans de nouveaux essais conduits en parcelles et en plein champ, de démontrer l'intérêt pratique et économique de l'utilisation de *Bacillus thuringiensis* pour la protection des cultures de Maïs, comme l'a confirmé l'expérimentation rapportée présentement dans un troisième chapitre.

I. — LES MODALITÉS D'ACTION DE « BACILLUS THURINGIENSIS » CHEZ « O. NUBILALIS »

L'activité entomopathogène de *B. thuringiensis* fut déjà caractérisée vis-à-vis de *O. nubilalis* par les travaux simultanés de PAILLOT (1928), HUSZ (1929, 1930, 1931), ceux de METALNIKOV et CHORINE (1928, 1929) et aussi de ZERNOFF (1931). Il faut attendre ensuite pendant plus de vingt ans le développement des recherches consacrées à *B. thuringiensis* et l'apparition des premières préparations industrielles à base du bacille pour que l'étude des relations entre la bactérie et *O. nubilalis* soit poursuivie et permette d'en préciser les modalités d'action.

En laboratoire, MAC CONNEL et CUTKOMP (1954) sont les premiers à montrer que le taux de mortalité chez les chenilles du premier âge nourries sur des spathes de Maïs traitées avec une culture de *Bacillus thuringiensis* est en relation directe avec la concentration de la préparation bactérienne qu'ils définissent par le nombre de spores viables qu'elle renferme (1). Les chenilles venant d'éclore sont, d'après SUTTER (1965), les plus sensibles à l'action de *B. thuringiensis* : entre 5 et 10 jours plus tard, il faut utiliser une concentration en éléments bactériens trois fois plus élevée pour obtenir une mortalité comparable.

En outre, selon SUTTER et RAUN (1966), la mortalité se manifeste seulement dans la mesure où les chenilles de *O. nubilalis* ingèrent à la fois les cristaux de toxine et les spores de *B. thuringiensis* : comme chez *Anagasta kühniella* ZELL. (YAMVRIAS, 1962) l'ingestion de l'un ou l'autre des éléments bactériens isolés n'a d'autre effet pour *O. nubilalis* que de provoquer un retard dans la croissance larvaire. L'étude histologique, effectuée par SUTTER et RAUN (1967) après ingestion du complexe cristaux-spores par la chenille de Pyrale, montre que la germination des spores et

(1) En reconnaissant qu'il est impossible d'utiliser seulement le nombre de spores viables pour caractériser les préparations à base de *Bacillus thuringiensis*, les résolutions du Symposium international de Wageningen (1967) ont fait prévaloir notre conception de l'emploi du titrage biologique pour la standardisation de ces préparations bactériennes : désormais, comme le recommande BURGERJON (1965), l'activité insecticide du complexe cristaux-spores doit être exprimée en Unités d'Activité pour une espèce d'insecte-test donnée (par exemple, UA. *A. k.* pour *Anagasta kühniella* ZELL, UA. *P. b.* pour *Pieris brassicae* L., etc.) par rapport à l'activité d'une préparation étalon internationale dont le titre est fixé arbitrairement à 1 000 Unités d'Activité par mg.

la multiplication végétative du bacille dans l'intestin de l'insecte s'accompagnent d'une dégradation des épithéliums mésentériques ; cette manifestation est comparable par son caractère toxémique à celle déjà décrite par MARTOURET *et al.* (1965), tandis que la mortalité qui s'ensuit survient dès que le délabrement de la paroi intestinale permet le transit des cellules végétatives de la bactérie, de la lumière intestinale dans la cavité hémocœlique.

Davantage de précisions sont aussi apportées par ailleurs sur le rôle de divers facteurs éco-pathologiques dont les interactions sont susceptibles d'intervenir dans le milieu naturel sur les relations insecte hôte-germe pathogène : l'action léthale de la préparation bactérienne peut s'accroître notablement chez la Pyrale du Maïs, sous l'influence de températures élevées de l'ordre de 30 à 35°C (MAC CONNEL et CUTKOMP, 1954) ; par contre, pour cette espèce comme pour *A. kühniella*, l'efficacité de la préparation à base de *B. thuringiensis* peut être profondément altérée lorsque les spores qu'elle contient sont inactivées par l'action des radiations ultraviolettes (RAUN *et al.*, 1966).

II. — LES PREMIÈRES EXPÉRIMENTATIONS EN PLEIN CHAMP

1. — *Pulvérisation de suspensions bactériennes*

Dans l'expérimentation qu'ils réalisent en parcelles METALNIKOV *et al.* (1930-1931) constatent une importante réduction du nombre de chenilles de Pyrale après l'application de suspensions aqueuses ou de poudre à base de culture de ce germe sur des plantes de Maïs infestées artificiellement.

En plein champ, MAC CONNEL et CUTKOMP (1954) pulvérisent sur la culture de Maïs au stade « cornet » des suspensions, obtenues à partir de cultures bactériennes expérimentales : les concentrations provoquant en laboratoire une mortalité larvaire élevée ne semblèrent pas devoir apporter un niveau de protection suffisant, et la raison de ce manque d'efficacité fut attribuée au comportement alimentaire les jeunes chenilles qui tendent à descendre profondément dans le cornet des feuilles, pouvant ainsi ne pas rencontrer (et ingérer) le germe entomopathogène.

Par la suite, l'expérimentation s'est poursuivie à l'échelle pratique dans les cultures, avec les premières préparations industrielles du bacille, présentées sous forme de poudre mouillable, mais dont les formulations n'avaient encore fait l'objet d'aucune étude technologique particulière relative aux caractéristiques nouvelles des principes actifs biologiques en cause et notamment à leur mode d'action par ingestion.

Les résultats des divers essais entrepris (MARTINEZ MATA et RUANO, 1959 ; VASILJEVIĆ et LAZAREVIĆ, 1960 ; HUDON, 1962, 1963 ; MARTOURET et MILAIRE, 1963) sont extrêmement variables avec les localités, les années, l'origine et la nature des produits bactériens expérimentés : si dans l'ensemble les réductions du nombre de chenilles survivantes atteignent 30 à 90 p. 100, les efficacités constatées ne se traduisent pas en général par une plus-value des récoltes et semblent incapables d'assurer une protection économiquement satisfaisante des cultures de Maïs.

Il faut noter toutefois qu'à cette époque, on manque encore de données non seulement sur les dates optimales d'intervention mais aussi, comme le constatent

MARTOURET et MILAIRE (1963) sur les techniques d'appréciation des différents critères d'efficacité, survie du ravageur, dégâts occasionnés, incidence sur les récoltes. Les mêmes auteurs remarquent encore que la médiocrité des résultats économiques recueillis jusqu'alors ne préjuge pas d'obtenir ultérieurement une efficacité plus satisfaisante avec d'autres formulations « up to date » à base de *B. thuringiensis*, tandis que BRINDLEY et DICKE (1963) suggèrent qu'un effort de mise au point des formulations et des dosages pourrait aboutir à doter *B. thuringiensis* d'une meilleure activité contre la Pyrale du Maïs.

2. — *Épandage de formulations granulées*

Depuis les travaux de COX *et al.* (1956) les formulations granulées à base d'insecticides chimiques ont, ces dernières années, largement surclassé les autres techniques d'application dans la lutte contre la Pyrale du Maïs, ce procédé étant à la fois bien adapté à la morphologie de la plante-hôte comme au comportement des jeunes chenilles du ravageur : les granulés stockés dans le cornet des feuilles et en cours de délitement libèrent progressivement l'insecticide actif, d'abord dans le cornet puis à l'aisselle des feuilles, aux points précis où s'effectue la prise de nourriture des jeunes chenilles ; les analyses de résidus de FAHEY *et al.* (1956) ont confirmé cette répartition.

Une première tentative d'utiliser *B. thuringiensis* en formule granulée contre *O. nubilalis* appartient à YORK (1958) qui recourt à divers supports comme l'attapulgite ou bien la farine de maïs stérilisée ; avec une concentration en matière active bactérienne de 11 p. 100 ; cette seconde formulation, dont le support d'origine végétale joue le rôle d'appât, permet d'obtenir 77 p. 100 de réduction du nombre de chenilles survivantes dans une population naturelle de Pyrale après deux applications à la dose de 22 kg/ha.

Ces résultats encourageants sont encore confirmés par ceux de STOKES *et al.* (1962) qui procèdent à l'épandage aérien d'une formule expérimentale de *B. thuringiensis* granulée d'origine industrielle à raison de 40 kg/ha.

L'avantage de la formulation granulée de *B. thuringiensis* est, selon RAUN (1963), de contribuer à conserver l'efficacité de la préparation bactérienne qu'elle protège notamment de l'activité des radiations ultraviolettes ; différentes formules sous forme de capsules ou de granulés seront ainsi éprouvées et comparées par RAUN et JACKSON (1966), tant pour leur comportement dans les conditions d'un épandage pratique que pour leur efficacité vis-à-vis de la Pyrale du Maïs, sans cependant qu'il soit fait état des incidences économiques d'un tel traitement sur les récoltes.

III. — INVESTIGATIONS RÉCENTES POUR L'UTILISATION DE GRANULÉS A BASE DE « BACILLUS THURINGIENSIS »

Les résultats qui viennent d'être exposés, ajoutés au grand intérêt que présente la sélectivité d'action de *B. thuringiensis* (MARTOURET, 1967) ont incité à expérimenter en France des formulations granulées renfermant les éléments actifs de la bactérie, selon la technique d'épandage déjà éprouvée avec des pesticides chimiques.

Cette formulation (1) est obtenue à partir d'un *B. thuringiensis* BERLINER, sérotype 1, souche Institut Pasteur nº 19.

La matière active, constituée par les spores et les cristaux de toxine du bacille, est mélangée à des adjuvants inertes de façon à en ajuster le titre à la concentration adéquate, et granulée après humidification selon une technique traditionnelle de granulation. Les granulés obtenus ont un taux d'humidité < à 4 p. 100, une densité de 0,6 et leur granulométrie se définit comme suit :

Refus au tamis module 20	84	p. 100
Refus au tamis module 40	12	p. 100
Refus au tamis module 60	1,7	p. 100
Refus au tamis module 80	0,4	p. 100

Les progrès réalisés en France dans la lutte contre la Pyrale du Maïs depuis les premiers essais de 1958-1960 (MILAIRE et MARTOURET, 1963) permettaient en outre de conduire l'expérimentation selon la méthode d'essais d'efficacité pratique en plein champ rapportée par ANGLADE et CANGARDEL (1968) : le traitement effectué à l'aide d'une formulation granulée est appliqué sur les plantes en fin de stade cornet (panicule visible), stade qui, pour des semis normaux, coïncide à peu près avec le maximum d'activité des adultes de *O. nubilalis*.

Les résultats sont appréciés par comptage des plantes cassées, en dénombrant les chenilles survivantes par dissection de plantes à la récolte et par l'estimation du rendement en grain à 15 p. 100 de teneur en eau.

Deux séries d'essais ont été réalisées de 1967 à 1969, avec des formulations granulées titrant respectivement :

260 unités d'activité *Anagasta kühniella* par mg
350 unités d'activité *Anagasta kühniella* par mg
480 unités d'activité *Anagasta kühniella* par mg
500 unités d'activité *Anagasta kühniella* par mg

l'une en microparcelles sous infestation artificielle, l'autre en essais de plein champ.

1. — *Expérimentation en microparcelles sous infestation artificielle*

L'expérimentation conduite par l'I. N. R. A. à Bordeaux, suivant la méthode des blocs à six répétitions, avait pour objet de définir les modalités d'application des granulés à base de *B. thuringiensis*, en précisant les concentrations, les doses d'emploi, l'efficacité immédiate et la rémanence de cette préparation.

Les essais ont été réalisés sur hybride simple précoce sensible $F_7 \times F_2$, sous infestation artificielle apportant deux pontes « têtes noires » par plante au stade « panicule visible dans le cornet ».

Les résultats détaillés qui ont été présentés par ailleurs par CANGARDEL et ANGLADE (1969) sont pour les plus importants résumés dans les tableaux 1 et 2.

Ceux-ci montrent que :

— la formulation granulée à base de *B. thuringiensis* provoque dans ce type

(1) Formulation granulée réalisée par le Laboratoire Roger Bellon.

TABLEAU I

Influence de la concentration et de la dose d'emploi sur l'efficacité des granulés de B. thuringiensis (Bordeaux, 1968)

Produits			$\bar{x}$ chenilles survivantes/ plante	Réduction/ TO (%)	Différence réduction/ référence (%)	$\sqrt{x}$ chenilles survivantes/ parcelle
Nature	Concentrations M.A.	Doses en kg P.C./ha				
DDT	5 %	30	0,08	95,0		0,45 (1)
B. thuringiensis	480 UA *A. k.*	30	0,16	89,9	5,1	0,77
B. thuringiensis	480 UA *A. k.*	15	0,27	83,0	12,0	1,29
B. thuringiensis	260 UA *A. k.*	60	0,43	72,8	22,2	1,76
B. thuringiensis	260 UA *A. k.*	30	0,66	58,3	36,3	2,24
Témoin TO			1,58	—		3,49

(1) P.p.d.s. au seuil P = 0,05 : 0,98.
P = 0,01 : 1,80.

TABLEAU 2

Efficacité immédiate et rémanence des granulés à base de Bacillus thuringiensis *à la dose de 30kg/ha*

Les infestations artificielles sont réalisées,
2 jours après le traitement (J + 2) sur panicule sensible dans le cornet foliaire,
10 jours après (J + 10) sur panicule dégagée,
20 jours après (J + 20) à la floraison femelle.
Les contrôles ont lieu 15 jours après chaque infestation artificielle à (J + 17), J + 25) et (J + 35).
La survie moyenne des infestations artificielles est 4,32 chenilles survivantes par plante en parcelle non traitée.

Produits	Moyennes des titres	Efficacité immédiate J + 2	Rémanence	
			J + 10	J + 20
Bacillus thuringiensis 260 UA *A. k.*				
$\bar{x}$ chenilles vivantes/plante ..	1,87	1,04	2,20	2,39
$\sqrt{x}$ chenilles vivantes/parcelle .	3,78	2,82	4,18	4,36
Bacillus thuringiensis 480 UA *A. k.*				
$\bar{x}$ chenilles vivantes/plante ..	0,93	1,08	0,77	0,95
$\sqrt{x}$ chenilles vivantes/parcelle .	2,68	2,90	2,47	2,68
Moyennes des effets				
$\bar{x}$ chenilles vivantes/plante ..	—	1,06	1,48	1,67
$\sqrt{x}$ chenilles vivantes/parcelle .	—	2,86	3,32	3,52

P.p.d.s. entre titres au seuil P = 0,05 : 1,31
— entre effets au seuil P = 0,05 : 0,88
— entre 2 effets pour un même titre au seuil { P = 0,05 : 0,39 ; P = 0,01 : 0,73
— entre 2 titres pour un même effet au seuil { P = 0,05 : 0,52 ; P = 0,01 : 1,22

d'essai des mortalités larvaires de Pyrale du Maïs vraisemblablement suffisantes pour réduire les taux de population à un niveau supportable par la plante. Cette action insecticide demeure généralement inférieure à celle du DDT prise en référence.

— La concentration à recommander en matière active bactérienne doit être égale ou supérieure au titre de 500 UA. *A. k.* (Unités d'Activité *Anagasta kühniella*) par mg pour obtenir des effets rémanents satisfaisants.

— La dose d'emploi du produit commercial est de l'ordre de 30 kg/ha comme pour les insecticides chimiques.

— Dans ces conditions, avec une telle formulation la rémanence de *Bacillus thuringiensis* peut atteindre au moins 20 jours sur jeunes chenilles.

2. — *Expérimentation en plein champ*

Les essais de plein champ ont été réalisés par le Service de la Protection des Végétaux selon le protocole établi dans le cadre du Groupe de travail français I. N. R. A., S. P. V., A. G. P. M. (1) Pyrale du Maïs.

Les résultats obtenus ont déjà été rapportés par CANGARDEL et RIFFIOD (1969) et RIFFIOD (1970) ; les tableaux 3, 4, 5 montrent comparativement dans diverses régions ou zones de culture du Maïs, et pour trois critères différents, les résultats recueillis en 1967, 1968, 1969.

TABLEAU 3

Résumé des résultats de l'expérimentation Bacillus thuringiensis *de plein champ* (1967)

Bacillus thuringiensis 1967 350 UA *A. k.*		Bourgogne-Fr.-Comté	Rhône-Alpes
Pourcentage de plantes cassées au-dessous épi	Témoin	82,9	33,0
	Écart *B. t.*/Témoin	— 23,3 *	— 23,5 *
	Écart *B. t.*/DDT	+ 19,7 *	+ 1,9 *
Nombre de chenilles vivantes par plante à la récolte	Témoin	2,99	1,34
	Écart *B. t.*/Témoin	— 0,73 *	— 1,03 *
	Écart *B. t.*/DDT	+ 1,30 *	+ 0,07 *
Rendement en grain sec (15 % eau) qx/ha	Témoin	37,0	86,0
	Écart *B. t.*/Témoin	+ 12,95 *	+ 5,0 *
	Écart *B. t.*/DDT	— 5,73 *	+ 1,5 *

* Différence significative au seuil 5 p. 100.

Avec une formulation encore provisoire et peu satisfaisante au point de vue de son comportement physique, le produit expérimenté en 1967 donne des résultats partiels encourageants mais souvent inférieurs à ceux du DDT.

Par contre, la formulation éprouvée en 1968 manifeste pour l'ensemble des

(1) I. N. R. A. : Institut national de la Recherche agronomique.
S. P. V. : Service de la Protection des Végétaux.
A. G. P. M. : Association générale des Producteurs de Maïs.

TABLEAU 4

Résumé des résultats de l'expérimentation de Bacillus thuringiensis *de plein champ* (1968)

Bacillus thuringiensis 1968 — 260 UA *A. k.* et 480 UA *A. k.*		Alsace-Lorraine	Bourgogne-Fr.-Comté	Rhône-Alpes	Centre	Midi-Pyrénées	Aquitaine
% de plantes cassées au-dessous épis	Témoin TO	4,0	8,5	34,0	2,7	6,2	2,0
	Écart *B. t.* 480/TO	— 2,4 *	— 2,5	— 22,7 *	— 1,6 *	— 5,1 *	— 0,7
	Écart *B. t.* 480/DDT	+ 0,2	+ 2,6	+ 7,5 *	+ 0,4	— 0,1	+ 0,7
	Écart *B. t.* 480/*B. t.* 260....	— 0,7	+ 0,5	+ 1,0	— 1,9 *	— 1,2	+ 0,6
Nombre de chenilles vivantes à la récolte	—	2,95	1,52	4,37	0,87	0,69	0,55
		— 2,05 *	— 0,72 *	— 3,48 *	— 0,40 *	— 0,13	— 0,37 *
		+ 0,30	+ 0,32	+ 0,35	+ 0,12 *	+ 0,19	+ 0,09
		— 0,05	— 0,02	+ 0,28	— 0,16 *	+ 0,16	+ 0,02
Rdt en grain sec (15 % en eau) qx/ha	—	73,8	66,0	54,0	70,4	70,4	75,5
		+ 12,0 *	+ 4,7	+ 14,1 *	+ 3,2	+ 1,3	+ 1,5
		+ 0,2	— 2,9	— 2,1	— 4,1 *	— 1,5	+ 1,4
		+ 0,9	0	— 3,2	+ 4,7 *	— 0,2	— 1,0

* Différence significative au seuil 5 p. 100.

critères examinés une efficacité presque équivalente à celle d'une préparation granulée à base de DDT ; en outre, les caractéristiques physiques du support de la matière active bactérienne semblent nettement améliorées et mieux adaptées aux exigences requises pour ce type d'épandage. Peu de différence est constatée entre les deux teneurs en matière active, 260 et 480 UA. *A. k.*

TABLEAU 5

Résumé des résultats de l'expérimentation de Bacillus thuringiensis *en plein champ* (1969)

Bacillus thuringiensis 1969 — 500 UA *A. k.*		Bourgogne-Fr.-Comté	Rhône-Alpes	Centre	Aquitaine
P. 100 de plantes cassées au-dessous de l'épi	Témoin TO	10,1	16,5	3,5	2,3
	Écart *B. t.*/TO	— 7,0 *	— 11,6 *	— 1,2	— 1,2
	Écart *B. t.*/DDT	+ 1,6 *	+ 1,0	— 1,1	+ 1,1
Nbre de chenilles vivantes à la récolte	Témoin TO	0,88	1,00	0,48	0,45
	Écart *B. t.*/TO	— 0,33 *	— 0,55 *	— 0,10	— 0,27 *
	Écart *B. t.*/DDT	+ 0,13	+ 0,18	+ 0,20	+ 0,15 *
Rendement en grain sec (15 % eau) qx/ha	Témoin TO	77,2	64,0	52,6	69,3
	Écart *B. t.*/TO	+ 6,7 *	+ 6,0	+ 0,5	+ 3,1
	Écart *B. t.*/DDT	— 1,5	+ 4,0	— 1,2	0

* Différence significative au seuil 5 p. 100 sur données ayant subi les transformations appropriées (analyses dues à M. FERRON, Service central de la Protection des Végétaux).

TABLEAU 6

Essai comparé en plein champ de deux formulations de granulés de Bacillus thuringiensis, *l'une d'entre elles ne comportant pas la toxine thermostable* (Colmar, 1969)

Produits			% de plantes infestées à la date du traitement	Chenilles survivantes/plante à la récolte	Rendement en quintaux/ha
Nature	Concentration M. A.	Dose en kg P. C./ha			
DDT			42,2	3,14 *	50,88 *
Bacillus thuringiensis (formulation 1968 avec toxine thermostable)	480 UA *A. k.*	30	42,3	3,40 *	48,42 *
Bacillus thuringiensis (formulation 1969 sans toxine thermostable)	500 UA *A. k.*	30	49,1	3,70 *	50,41 *
Témoin			42,5	7,04	37,81

* Ne diffère, de façon statistiquement significative, que du témoin seulement.

Les résultats obtenus en 1969 avec une nouvelle formulation exempte de toxine thermostable sont comparables à ceux de 1968. La présence de toxine thermostable n'augmente pas l'efficacité de la formulation, comme l'avaient déjà mis en évidence CANGARDEL et ANGLADE (1969) en micro-essais sous infestation artificielle et comme le constate encore STENGEL (1969) dans une expérimentation conduite en plein champ sous infestation naturelle (tabl. 6).

L'ensemble de l'expérimentation conduite en plein champ avec des granulés à base de *Bacillus thuringiensis* trois années durant, montre que :

— le nombre de chenilles retrouvées vivantes à la récolte et le pourcentage de plantes cassées au-dessous de l'épi sont toujours significativement inférieurs à ceux des témoins, en demeurant cependant légèrement supérieurs ou égaux à ceux obtenus dans les mêmes conditions avec le DDT selon les régions.

— Les rendements en grain sec sont toujours significativement accrus par rapport à ceux des témoins, le gain pouvant atteindre selon les régions et les années jusqu'à 12 et 14 quintaux/ha, soit près de 25 p. 100 de la récolte.

CONCLUSIONS

L'ensemble des essais réalisés depuis 1967 par le groupe de travail Pyrale du Maïs, tant en micro-essais avec infestation artificielle qu'en plein champ sous infestation naturelle, démontre que la formulation granulée de *B. thuringiensis* fait preuve d'une bonne efficacité immédiate et d'une bonne persistance contre *O. nubilalis* lorsqu'elle est utilisée au stade végétatif « panicule visible dans le cornet », en projetant les granulés sur les rangs dans les cornets foliaires.

La grande sélectivité de *Bacillus thuringiensis* qui le distingue de la plupart des insecticides chimiques, son absence de toxicité vis-à vis des mammifères, des oiseaux et du gibier, son respect de l'entomofaune auxiliaire naturelle confère à la formulation granulée bactérienne un intérêt pratique certain : en évitant tout effet secondaire indésirable vis-à-vis de la faune utile et sans risque de pollution du milieu cultural et de l'environnement par des résidus toxiques, elle offre une perspective nouvelle de lutte sélective contre la Pyrale du Maïs.

Reçu pour publication en décembre 1970.

SUMMARY

BACILLUS THURINGIENSIS IN THE CONTROL OF CORN BORER *OSTRINIA NUBILALIS* HUBN.

Since the works of METALNIKOV *et al.* which revealed, towards 1930 the susceptibility of corn borer to *Bacillus thuringiensis*, knowledges acquired on the effect manner of bacterium in this pest show that :

— mortality appears only in the bounds where *O. nubilalis* caterpillars feed consecutively toxin cristals and bacillus spores ;

— neonate caterpillars are more susceptible to the germ effect.

First attempts of experimentation in the open which were realized by spraying of suspensions realized with the help of wettable powder formulations containing the active elements of *B. thuringiensis*, obtain positive results but efficacy noted reverberated generally by an increase of harvest.

The stage « end of cornet, perceptible panicle » being defined as the plant phenologic instar the more favourable for execution of a single treatment with help of insecticide granulated formulations, progress realized in France for control of *O. nubilalis* have allowed, since 3 years, to carry out several series of tests with *B. thuringiensis* granulated formulations.

1° Experimentation realized in plots on artificial infestation shows that :

— *B. thuringiensis* granulated formulation give rise sufficient larval death to reduce the population rates at a tolerable level for the plant. This insecticidal action remains generally rather lower at DDT activity.

— Concentration recommended in bacterian active matter must be equal or upper at 500 activity units of *Anagasta kühniella* (UA. Ak.) per mg to obtain satisfactory remanent effects.

— Dose rate of the commercial produce averages 30 kg/ha as for chemical insecticides.

— In these conditions the remanence obtained is 20 days minimum.

2° With experimentation carried out in the open in different regions or areas of corn culture following results have been obtained :

— Number of living caterpillars at harvesting and percentage of broken plant under ear are always significantly lower that in check being nevertheless rather upper or equal at results obtained in the same conditions with DDT, according to regions.

— The yields in dry crop are always significantly increased as compared to those of the check, the gain reaching as much as 12 and 14 quintaux/ha, that is nearly 20 p. 100 of the crop.

These results demonstrate that *B. thuringiensis* granules can contribute validly to insure protection of corn cultures against *O. nubilalis* without offering the disadvantages of some chemical pesticides such as entomophagous species destroying, problems of toxical residues.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANGLADE P., STENGEL M., 1964. Observations sur le comportement des jeunes chenilles de la Pyrale du Maïs (*Ostrinia nubilalis* HBN.) issues d'infestations artificielles de plein champ. *Rev. Zool. Agric.*, **63**, 139-157.

ANGLADE P., BEAUCHARD J., CANGARDEL H., GIREAU R., KUCHLY J., LUCAS J. R., RIFFIOD G., 1966. Expérimentation en plein champ de l'efficacité d'un traitement unique et de la détermination de sa date d'application. *Rev. Zool. Agric.*, **65**, 103-110.

ANGLADE P., CANGARDEL H., 1968. *Méthode d'essais d'efficacité pratique d'insecticides destinés à combattre la Pyrale du Maïs*, N° 31. Société française de Phytiatrie Phytopharmacie 10 pp. ronéotées.

BRINDLEY T. A., DICKE F. F., 1963. Significant developments in European Corn Borer research. *Ann. Rev. Ent.*, **8**, 155.

BURGERJON A., 1965. Le titrage de *Bacillus thuringiensis* BERLINER par réduction de consommation au laboratoire de la Minière. *Entomophaga*, **10** (1), pp. 21-26

CANGARDEL H., 1966. Lutte contre la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis* HBN.) par granulés insecticides. Incidence d'un traitement unique sur des infestations artificielles échelonnées et jumelées. *Rev. Zool. Agric.*, **65**, 95-103.

CANGARDEL H., ANGLADE P., 1969. Recherches sur l'activité insecticide de *Bacillus thuringiensis* contre la Pyrale du Maïs *Ostrinia nubilalis* HBN. *Rev. Zool. Agric.*, **68**, 113-122.

CANGARDEL H., RIFFIOD G., 1969. Lutte contre la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis* HBN.) par granulés insecticides. VI. Expérimentation de plein champ, 1966-1968. *Rev. Zool. Agric.*, **68**, 133-145.

COX H. C., BRINDLEY T. A., LOVELY W. G., FAHEY J. E., 1956. Granulated insecticides for European Corn Borer control. *J. econ. Entomol.*, **49**, 113-119.

FAHEY J. E., RUSK H. W., COX H. C., 1956. Residues on plants treated with DDT granules and emulsions for European corn borer control. *J. Econ. Entomol.*, **49**, 846.

HUDON M., 1962. Field experiments with *Bacillus thuringiensis* and chemical insecticide for the control of the European corn borer *Ostrinia nubilalis* on sweet corn in southern Quebec. *J. econ. Entomol.*, **55**, 115-117.

HUDON M., 1963. Further field experiments on the use of *Bacillus thuringiensis* and chemical insecticides for the control of the European corn borer *Ostrinia nubilalis* on sweet corn in Southwestern Quebec. *J. econ. entomol.*, **56**, 6, 804-808.

HUSZ B., 1929. On the use of *Bacillus thuringiensis* in the fight against the corn borer. *Sci. Rpt. Intern. Corn Borer Investig*, **2**, 99-100.

HUSZ B, 1930. Field experiments on the application of *Bacillus thuringiensis* against the corn borer *Sci. Rpt. Intern. Corn Borer Investig.*, **3**, 91-98.

HUSZ B., 1931. Experiments during 1931 on the use of *Bacillus thuringiensis* BERLINER in controlling the corn borer. *Intern. Corn Borer Investig. Sci. Rpt.*, **4**, 22-23.

MAC CONNEL E., CUTKOMP, L. K., 1954. Studies with *Bacillus thuringiensis* in relation to the European corn borer. *J. econ. Entomol.*, **47**, 6, 1074-1082.

MARTINEZ MATA J., RUANO R., 1959. Ensayo en el campo con preparaciones a base de esporos del *Bacillus thuringiensis* BERLINER. *Ann. Inst. Farm. Esp.*, 8, 135-142.

MARTOURET D., MILAIRE H., 1963. Expérimentation de produits bactériens à base de *Bacillus thuringiensis* à l'échelon agricole. *Phytiatrie-Phytopharmacie*, **12**, 2, 71-80.

MARTOURET D, LHOSTE J., ROCHE A . 1965. Action sur le mésenteron de *Pieris brassicae* L. de la toxine de l'inclusion parasporale de *Bacillus thuringiensis* BERLINER. *Entomophaga*, **10**, 4, 349-365.

MARTOURET D., 1967. L'utilisation des microorganismes en agriculture : potentialités actuelles et perspectives offertes par *Bacillus thuringiensis* BERLINER. *C. R. Acad. Agric.*, **53**, 154-159.

METALNIKOV S., CHORINE V., 1928. The infections diseases of *Pyrausta nubilalis* HBN. *Intern. Corn Borer Investig. Sci. Rpt.*, **1**, 41-49.

METALNIKOV S., CHORINE V., 1929. Maladies microbiennes chez les chenilles de *Pyrausta nubilalis* HBN. *Ann. Inst. Past.*, **43**, 136-151.

METALNIKOV S., CHORINE V., 1929. On the natural and acquired immunity of *Pyrausta nubilalis* HBN. *Intern. Corn Borer Investig. Sci. Rpt.*, **2**, 22-38.

METALNIKOV S., CHORINE V., 1929. Experiments on the use of bacteria to distroy the corn borer. *Intern. Borer Investig. Sci. Rpt.*, **2**, 54-59.

METALNIKOV S., HERGULA B., STRAIL D. M., 1930. Experiments on the application of bacteria against the corn borer. *Intern. Corn Borer Investig. Sci. Rpt.*, **3**, 148-151.

METALNIKOV S., HERGULA B., STRAIL D. M., 1931. Utilisation des microbes dans la lutte contre la Pyrale du Maïs. *Ann. Inst. Past.*, **46**, 320.

PAILLOT A., 1928. On the natural equilibrium of *Pyrausta nubilalis* HB. *Intern. Corn Borer Investig. Sci. Rpt.*, **1**, 77-106.

RAUN E. S., 1963. Corn borer control with *Bacillus thuringiensis* BERLINER. *Iowa J. Sci.*, **38**, 2, 141-150.

RAUN E. S., JACKSON R. D., 1966. Encapsulation as a technique for formulating microbial and chemical insecticides. *J. econ. Entomol.*, **59**, 3, 620-622.

RAUN E. S., SUTTER G. R., REVELO M. A., 1966. Ecological factors affecting the pathogenicity of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* to the European corn borer and Fall Armyworm. *J. Invertebrate Pathol.*, **8**, 3, 365-375.

RIFFIOD G., 1970. *Essais de lutte contre la Pyrale du Maïs en 1969.* Service de la Protection des Végétaux. 7 pp. ronéo.

STENGEL M., 1969. Recherches sur l'activité insecticide de *Bacillus thuringiensis* contre la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis* HBN.). II. Traitements de plein champ. *Rev. Zool. Agric.*, **68**, 123-125.

STOKES G. M., WEEKMAN G. T., BOVEY R. W., 1962. Evaluation of thuricide DDT combinations aerial applications in the control of European corn borer *Ostrinia nubilalis* HUBN. *Aviat. Agric.*, **4**, 4, 136-141.

SUTTER G. R., 1965. Histopathology of the mode of action of *Bacillus thuringiensis* BERLINER on the European corn borer *Ostrinia nubilalis* HUBNER. *Diss. Abstract*, 1966, 26, 10, 6254.

SUTTER G. R., RAUN E. S., 1966. The effect of *Bacillus thuringiensis* components on the development of the European corn borer. *J. Invertebrate Pathol.*, **8**, 475-460.

SUTTER G. R., RAUN E. S., 1967. Histopathology of European corn Borer larvae treated with *Bacillus thuringiensis*. *J. Invertebrate Pathol.*, **9**, 90-103.

VASILJEVIĆ L., LAZAREVIĆ B., 1960. Some results of the appliance of the entomophagous bacteria in control of the corn borer in the field. *Hibridni Kukuruz Jugoslavije*, **3**, 11, 19-27

YAMVRIAS C., 1962. Contribution à l'étude du mode d'action de *Bacillus thuringiensis* vis-à-vis de la teigne de la farine *Anagasta* (*Ephestia*) *kühniella* ZELLER (Lépidoptère). *Entomophaga*, **7**, 101-159.

YORK G. T., 1958. *Control of the European corn borer with the fungus* Beauveria bassiana *and the bacterium* Bacillus thuringiensis. Ph. D. Thesis Iowa State Coll.

ZERNOFF V., 1931. Microbes virulents pour les chenilles *Galleria mellonella* et *Pyrausta nubilalis*. *C. R. Soc. Biol.*, **106**, 543-546.

Ann. Zool. Écol. anim., 1971, **3** (1), 69-78.

TOXICITÉS COMPARÉES DE DIVERSES SUBSTANCES POUR DES ACARIENS PHYTOPHAGES (*TETRANYCHUS URTICAE* K.) RÉSISTANT OU NON AU PARATHION ÉTHYLE (1)

J. COULON

Laboratoire de Phytopharmacie,
Centre national de Recherches agronomiques, I. N. R. A.,
78 - Versailles

RÉSUMÉ

Au cours de la dernière décade, les esters phosphoriques ont été très largement utilisés pour protéger les cultures contre divers parasites et en particulier contre les Acariens. Mais aujourd'hui l'intérêt des phosphates en tant que substances acaricides est parfois contesté et le problème se pose de leur remplacement par d'autres composés. L'objet du présent travail est de montrer, dans le cas précis d'une population de *Tetranychus urticae* résistant au parathion éthyle, l'intérêt relatif que peuvent présenter les produits acaricides classiques ainsi que certaines formules expérimentales.

Les résultats tendent à prouver que contre des populations de tétranyques résistant au parathion éthyle, l'usage d'un produit reconnu actif contre des acariens normaux se révélera sans intérêt si le produit considéré fait partie du groupe des esters phosphoriques mais qu'en revanche, l'usage d'une substance appartenant à un autre groupe, notamment à celui des carbamates, peut apporter quelque satisfaction.

INTRODUCTION

Un certain nombre de caractéristiques, notamment : l'étendue du champ d'application, la rapidité dans l'apparition des effets produits, la possibilité d'agir parfois en profondeur dans les tissus végétaux font que les esters phosphoriques ont été très largement utilisés au cours de la dernière décade pour protéger les cultures contre divers parasites et en particulier contre les acariens. Mais aujourd'hui l'intérêt des

(1) Communication extraite du VI° Colloque européen d'Acarologie (Versailles, 1968).

phosphates en tant que substances acaricides est parfois contesté. Il semble en effet que l'application de ces produits même à un rythme accéléré, ne permette plus de maintenir dans tous les cas les populations d'acariens à un niveau suffisamment bas. Le problème qui se pose est alors de savoir par quelle autre substance chimique remplacer le produit inopérant. Actuellement les agriculteurs français disposent, au travers de nombreuses formulations commerciales, d'une trentaine de substances acaricides différentes qui se répartissent pour 2/3 dans le groupe des esters phosphoriques polyvalents et pour 1/3 dans un groupe de substances, à caractère spécifique en général prononcé, comprenant surtout des substances dont la formule s'apparente à celle du DDT et quelques autres produits. L'objet du travail présenté ici, travail partiellement publié au Congrès de Vienne en 1967, est de montrer, dans le cas précis d'une population de *Tetranychus urticae* résistant au parathion éthyle, l'intérêt relatif que peuvent présenter comme moyens de lutte les produits acaricides classiques ainsi que quelques formules expérimentales qui nous ont été confiées.

MATÉRIEL UTILISÉ DANS LES ESSAIS

Acariens

Les Acariens considérés comme normaux sont ceux que nous élevons depuis des années au laboratoire à l'abri de toute influence d'un pesticide quelconque. Ces animaux sont maintenus sur des haricots nains cultivés à une température comprise entre 20 et 30° et une hygrométrie relative comprise entre 65 et 90 p. 100, et soumis à un éclairage périodique artificiel de 14 heures par jour. Les acariens considérés comme résistants sont des animaux provenant d'une culture d'œillets américains sous serre, animaux qui sont maintenus au laboratoire depuis le début de 1965 sur haricots nains et qui sont soumis chaque semaine à une application de parathion éthyle à 20 grammes de produit actif par hectolitre. La dose qui serait nécessaire pour détruire 90 p. 100 des adultes de cette population reste comprise depuis 3 ans entre 200 et 400 grammes de parathion par hectolitre alors qu'elle varie d'ordinaire entre 2 et 4 grammes lorsqu'elle est appliquée à des acariens normaux.

Plantes

Tous les supports utilisés pour les contaminations artificielles réalisées dans les essais sont des haricots nains sur lesquels ne sont conservées que les deux feuilles primaires. Chaque plante est cultivée sur du sable dans un godet particulier.

Produits

Les substances que nous utilisons se présentent sous forme de formulations prêtes à l'emploi — poudres mouillables ou liquides émulsifiables — qu'il suffit de diluer dans l'eau avant traitement.

MODE D'EXPRESSION DE LA TOXICITÉ DES PRODUITS

Pour simplifier les expériences nous avons étudié la toxicité des produits à l'égard de stades de développement très particuliers qui sont d'une part les femelles adultes et d'autre part les œufs récemment pondus. Le choix de ce matériel permet une étude de tous les acaricides actuellement utilisés en France mais exclut l'étude de substances agissant sur un autre stade de développement et en particulier l'étude de produits dont l'action est due essentiellement à la toxicité de leurs dépôts secs pour les larves récemment écloses.

La toxicité de chaque produit est exprimée par la dose qui détruit 90 p. 100 des œufs ou par la dose qui détruit en 3 jours 90 p. 100 des acariens traités.

Ces doses sont déterminées à partir des courbes représentant les mortalités obtenues au regard des concentrations utilisées ou bien, lorsque cela est impossible et que de nouveaux essais n'ont pas été refaits, elles sont déterminées par interpolation. Il faut mentionner que le critère choisi pour exprimer l'activité des produits sur acariens adultes exclut de cette étude les substances dont l'effet acaricide n'apparaît que lentement.

Principe

Toute expérience consiste à appliquer une suspension ou une émulsion aqueuse de la substance à essayer sur une plante préalablement contaminée par des œufs d'acariens ou par des femelles adultes, puis à mettre ce matériel en réserve jusqu'au moment où l'état de ces populations est contrôlé.

Contamination des plantes

Les populations d'œufs sont obtenues en faisant pondre des acariens pendant les 24 heures qui précèdent l'essai puis en éliminant ces formes mobiles au moyen d'un courant d'air ; 30 acariens « normaux » et 40 acariens « résistants » permettent ordinairement d'obtenir une ponte de 200 à 300 œufs par plante contaminée.

Les populations de femelles adultes (également nécessaires aux études) sont obtenues en contaminant les plantes juste avant le traitement ; 40 acariens sont ainsi amenés sur chaque plant de haricot. Les acariens utilisés pour la ponte ou les acariens qui seront soumis directement à l'action du pesticide sont prélevés dans les populations élevées au laboratoire et sont transportés au moyen d'un pinceau sur les haricots à contaminer ; le déplacement des tétranyques est alors limité par un anneau de glu entourant la tige de chacune des plantes ainsi infestées.

Traitement

Après dilution dans l'eau la substance à étudier est répartie au moyen d'un pulvérisateur électrique sur les plantes préalablement contaminées, la pulvérisation étant alors arrêtée lorsque le dépôt liquide atteint une valeur comprise d'ordinaire entre 3 et 6 mg/cm². Chaque traitement est dirigé soit contre des œufs soit contre des acariens appartenant eux-mêmes soit à la population normale, soit à la population résistante. Chaque type de matériel est par ailleurs soumis à l'action de 6 ou 7 concentrations formant entre elles une échelle logarithmique de raison 2.

Contrôles

Les plantes ainsi traitées sont placées dans un local éclairé 14 heures par jour, à une température voisine de 25° et une hygrométrie voisine de 65 p. 100.

L'état des populations est examiné sous binoculaire 3 jours après l'application du produit en ce qui concerne les acariens adultes et après la période normale d'éclosion en ce qui concerne les œufs.

RÉSULTATS

Nous rapportons dans les tableaux 1 et 2 les résultats obtenus. Bien que chaque substance ait été essayée simultanément sur des acariens et sur des œufs, seuls figurent dans ces tableaux les résultats de produits manifestant une certaine toxicité pour le matériel biologique traité, c'est-à-dire les résultats de produits dont la DL_{90} ne dépasse pas une valeur maximale fixée conventionnellement à 400 g MA/hl.

Si l'on se rapporte aux résultats concernant l'action des produits contre les acariens adultes (tabl. 1), on constate que la moindre toxicité des esters phosphoriques à l'égard de populations résistant au parathion est générale. Il est nécessaire

TABLEAU I

Toxicités de diverses substances pour des adultes (♀) *de* Tetranychus urticae *appartenant ou non à une population résistant au parathion éthyle*

Groupe		Numéro d'ordre	Nom chimique du produit actif	Nom commun	Doses létales 90 (*)		Rapport $\frac{DL_{90} \text{ « R »}}{DL_{90} \text{ « N »}}$
					Souche « Normale »	Souche « Résistante »	
Esters phosphoriques	Phosphates	1	1,2-dibromo-2,2-dichloroéthyldiméthylphosphate	Naled	3,5	62,8	17,9
		2	Diméthylphosphate de 3-hydroxy-N-méthyl-cis-crotonamide	Azodrin	0,3	2,5	9,8
	Thiophosphates	3	0,0-diéthyl 0-*p* nitrophénylthiophosphate	Parathion éthyl	4,6	245,6	53,4
		4	0,0-diméthyl-S-2-(éthylmercapto)-éthylthiophosphate .	Déméton méthyl *i*	< 0,4	27,7	> 69,0
		5	N-méthyl(0,0-diméthylthiolophosphoryl)-5 thia-3 méthyl-2 valeramide	Vamidothion	< 1,1	122,5	> 111,3
		6	0,0-diméthyl-S (N méthylaminocarboxyméthyl) thiophosphate	Ométhoate	< 1,2	64,3	> 53,6
		7	S-N-(1-cyano-1-méthyléthyl)carbamoylméthyl diéthyl phosphorothiolate	Cyanthoate	< 0,1	45,5	> 455
	Dithiophosphates	8	0,0-diéthyldithiophosphorylméthyl-chloro-6 benzoxazolone	Phosalone	< 3,1	400 (env.)	> 129
		9	0,0,0′,0′-tétraéthyl S,S′méthylène *bis* dithiophosphate .	Diéthion	< 1,8	187,6	> 104
		10	0,0-diméthyl-S-(2-méthoxy-1,3,4-thiadiazole-5 (4H)-onyl-(4) méthyl) dithiophosphate	Médathion	0,17 (env.)	10,5	60 (env.)
		11	0,0-diméthyl-S-2(acéthylamino)éthyldithiophosphate..		< 1,1	87-109	> 79
		12	0,0 diéthyl S-(2-chloro-1-phtalimido-éthyl) dithio-				

Carbinols	13	Éthyl 4,4′ dichlorobenzilate	Chlorobenzilate	7,1	7,1	1
	14	Isopropyl-4-4′-dibromobenzilate		5,4	8,8	1,6
	15	1,1-*bis* (*p*-chlorophényl) 2,2,2-trichloroéthanol	Dicofol	4,6 (**)	6,7 (**)	1,5 (**)
	16	1,1 *bis* (*p*-chlorophényl) éthanol	Dimite	36,6	36,6	1
Carbamates et substances apparentées	20	4-diméthylamino-3,5-xylyl méthylcarbamate	Zectran	3,8	3,8	1
	21	Exo-3-chloro-endo-6-cyano-2-norbornanone 0-(méthyl-carbamoyl) oxime	Tranid	97,7	0,8	0,008
	22	Idem nº 21 (mais formulation différente)		4,3	< 3,1	< 0,72
	23	4-(méthylthio) 3,5-xylyl méthylcarbamate	Mesurol	12,1	< 2,03	< 0,17
	24	3-méthyl-4 diméthylaminométhylène iminophényl N méthylcarbamate	Formparanate	3,1 (**)	4,0 (**)	1,3 (**)
	25	N-méthyl-(3-diméthylaminométhylène iminophényl) carbamate	Formétanate	1	< 0,4	< 0,4
	26	Méthyl éthyl carbamoyl-3-tertiobutyl-5-4 oxadiazoline 1,3,4 one-2		43,4	19,8	0,46
	27	S-méthyl N-(carbamoyloxy) thioacetimidate		8,4	1,1	0,12
	28	S-méthyl-N-[(méthyl-carbamoyl) oxy] thioacétimidate		12	0,4	0,03
Divers	30	2,3-trithiocarbonate de quinoxaline	Thioquinox	79,1	53,5	0,7
	31	6-méthyl-2,3 cyclic-dithiocarbonate de quinoxaline	Oxythioquinox	144	48,2	0,3
	32	2-sec-butyl-4,6-dinitrophényl 3-méthyl-2-butenoate	Binapacryl	1,5	2,3	1,5
	33	2-(*p*-tert-butylphénoxy)-cyclohexylpropargylsulfite	Omite	3,2	6,3	2
	34	5,6-dichloro-1 phénoxycarbonyl-2 trifluoro-méthyl-benzimidazole	Fenoflurazole	30,2 (**)	33,1 (**)	1,1 (**)
	35	N méthyl-N(1 naphtyl)-monofluoro-acétamide		40,6	> 40,6	
	36	Méthyl-2,4-dinitro-6-octyl phényl carbonate		7,9	4,8	0,6
	37	Tricyclohexyltin hydroxide = hydroxyde de tricyclo-hexylétain		3,8	4,1	1,1

(*) Dose exprimée en grammes de produit actif par hectolitre permettant de détruire en 3 jours 90 p. 100 des acariens.
(**) D'après les résultats obtenus après 1 jour seulement.

TABLEAU 2

Toxicités de diverses substances pour des œufs de Tetranychus urticae *provenant ou non d'une population résistant au parathion éthyle*

Groupe	Numéro d'ordre	Nom chimique du produit actif	Nom commun	Doses létales 90 *		Rapport $\frac{DL^{90} \text{ « R »}}{DL^{90} \text{ « N »}}$
				Souche « Normale »	Souche « Résistante »	
Apparentés DDT	13	Éthyl-4,4′-dichlorobenzilate	Chlorobenzilate	37,8	86,9	2,3
	14	Isopropyl-4-4′-dibromobenzilate		10,4	34,5	3,3
	15	1,1-*bis*-(*p*-chlorophényl)-2,2,2-trichloroéthanol	Dicofol	17,3	33	1,9
	16	1, 1-*bis*-(*p*-chlorophényl) éthanol	Dimite	13,4	42,5	3,2
Apparentés DDT (soufrés)	17	4 chlorophényl-4-chlorobenzène sulfonate	Chlorfenizon	47,6	> 400	> 8
	18	4 chlorophényl-2,4,5-trichlorophényl sulfone	Tetradifon	0,6	0,7	1,1
	19	4-chlorophényl 2,4,5-trichlorophényl-azosulfide		46,6	79,2	1,7
Carbamates	24	3-méthyl-4-diméthylaminométhylène iminophényl N-méthyl carbamate	Formparanate	141	107	0,8
	29	Ester méthylique de l'acide 1-(butylcarbamoyl)-2 benzimidazole carbamique		33,7	30,8	0,9
Divers	30	2,3-trithiocarbonate de quinoxaline	Thioquinox	12,5	17,6	1,4
	31	6-méthyl-2,3-cyclic-dithiocarbonate de quinoxaline	Oxythioquinox	3,7	11,6	3,2
	32	2-sec-butyl-4,6-dinitrophényl-3-méthyl-2-butenoate	Binapacryl	10,4	13,7	1,3
	34	5,6-dichloro-1 phénoxycarbonyle-2 trifluoro-méthyl benzimidazole	Fenoflurazole	21,7	16,9	0,8
	35	N méthyl-N-(1 naphtyl)-monofluoro-acétamide		3,0	13,4	4,4
	38	N,N-diméthyl-N′-(2-méthyl-4-chlorophényl) formamidine	Chlorphénamidine	3 (env.)	7,7	2,6 (env.)

* Dose exprimée en grammes de produit actif par hectolitre permettant de détruire 90 p. 100 des œufs pondus.

en particulier de multiplier par plus de 50 la dose des thio et des dithiophosphates pour obtenir un résultat sur populations résistantes équivalent à celui obtenu sur populations normales. Il est nécessaire également d'accroître la dose des phosphates mais, si l'on se réfère aux deux seuls exemples étudiés, un accroissement dans le rapport de 1 à 10 ou 1 à 20 serait suffisant.

L'application de toute autre substance qu'un ester phosphorique sur des acariens « résistant » au parathion éthyle donne, en revanche, et de manière générale, des résultats soit comparables soit même supérieurs à ceux que l'on obtient sur acariens à sensibilité normale. Les carbinols par exemple, pour peu que leurs doses soient augmentées au maximum dans le rapport de 1 à 1,6 provoquent chez les deux types d'acariens le même taux de destruction ; les carbamates en général et certaines autres substances comme le thioquinox ou l'oxythioquinox s'avèrent même plus toxiques pour acariens « résistants » que pour acariens « normaux ». Ce fait singulier déjà signalé dans une communication faite au Congrès de Vienne en 1967 (COULON, LHOSTE, MISSONNIER) a d'ailleurs été confirmé par d'autres auteurs et notamment par STEINHAUSEN (1968) dans une étude sur le formétanate appliqué à diverses espèces d'acariens.

Si l'on se rapporte aux résultats obtenus en appliquant les substances sur des œufs (tabl. 2) il faut d'abord constater qu'aucun d'entre eux n'est dû à l'application d'un ester phosphorique et que deux séries de résultats seulement sont dues à l'emploi de carbamates. Il faut signaler à ce sujet que phosphates et carbamates sont par nature de faibles ovicides et que, dans la limite des doses utilisées dans nos essais, il s'avère impossible de déterminer à la fois une DL_{90} correspondant à la toxicité d'un produit pour des œufs « normaux » et une DL_{90} correspondant à la toxicité du même produit pour des œufs d'acariens devenus « résistants ». Cependant, les résultats qui peuvent être obtenus par l'emploi des esters phosphoriques les plus ovicides (tabl. 3) montrent que la toxicité de ces substances pour les œufs d'acariens « résistants » est en général beaucoup plus faible que celle manifestée pour les œufs d'acariens « normaux ». On constate par exemple que les plus faibles doses qui entraînent une destruction partielle des pontes d'acariens « R » sont en général plus de 10 fois plus fortes que celles qui provoquent le même résultat dans les pontes d'acariens « N ».

L'application sur des œufs de souche R de substances appartenant à d'autres groupes que celui des phosphates (tabl. 2) donne, dans la plupart des cas, des résultats également inférieurs à ceux obtenus sur les œufs de souche N ; la perte de toxicité de ces produits est cependant plus faible que celle qui caractérise les phosphorés évoqués précédemment. C'est ainsi que pour les substances apparentées au DDT, substances groupant les acaricides spécifiques les plus anciens, les doses appliquées aux populations R doivent être, exception faite pour le chlorfénizon dont la perte de toxicité est relativement importante, au plus 3,5 fois plus fortes que celles appliquées aux populations présentant une sensibilité normale. Dans le cas des substances appartenant à d'autres groupes chimiques, hormis celui des carbamates, les doses doivent être multipliées par un facteur dont la valeur reste approximativement comprise entre 1 et 4,5 ; enfin, dans le cas des carbamates, il semble que la même dose puisse être appliquée avec le même succès sur les deux types de populations d'œufs mises en expérimentation.

On peut donc dire finalement que la toxicité des produits à l'égard des œufs ou

TABLEAU 3

Pourcentages d'œufs détruits par l'application de quelques esters phosphoriques sur des pontes de Tetranychus urticae

Doses (en grammes produit actif hl)	Référence de la substance utilisée *															
	N° 2 Souches		N° 3		N° 6		N° 7		N° 8		N° 9		N° 10		N° 11		N° 12	
	N	R	N	R	N	R	N	R	N	R	N	R	N	R	N	R	N	R
3,1	0	—	—	—	—	—	20,5	0	17,1	—	4,4	—	0	—	9,2	—	—	—
6,2	5,1	0	—	—	—	—	39	0	48,6	—	48,3	—	2	—	7,9	—	6,5	0
12,5	33,1	3,7	0	0	—	—	98,3	8,8	81	3,2	97,8	1,5	10,2	0	7,9	0	3,4	0
25	58,8	0,5	0,7	0	10,5	3,2	99,2	0	96,4	1,1	100	0	47,0	0	88,3	2,8	12,2	0
50	87,5	0,9	0	0	52	4,4	98,8	4,6	91,3	3,3	100	1,8	73,5	17,9	98,2	4,9	60,4	0
100	—	1,5	13,8	0	75	1,5	99,2	0	91,4	0	—	2,0	—	17	—	0,3	84,6	0,5
200	—	8,1	75,3	44,2	—	—	—	—	—	—	—	6,4	—	18	—	0,6	94,3	3,2
400	—	—	98,0	89,1	—	—	—	—	—	16,3	—	28,8	—	59,5	—	18,3	—	—

(*) La nature chimique de ces produits est donnée dans le tableau **1.**

des adultes de *Tetranychus urticae* peut subir des variations parfois importantes lorsque ces parasites deviennent résistants au parathion éthyle. La toxicité est en particulier réduite, et dans des proportions souvent considérables, pour tous les esters phosphoriques sans exception ; elle est également réduite mais dans des proportions nettement moindres pour tous les produits dont la formule est apparentée à celle du DDT et pour quelques autres substances, mais elle peut être accrue et parfois très fortement chez divers produits et plus particulièrement chez ceux appartenant au groupe des carbamates.

TABLEAU 4

Action de quelques substances sur les œufs, sur les acariens adultes (♀) *et sur le développement ultérieur d'une population traitée*

Résultats obtenus avec des populations de *Tetranychus urticae* résistant ou non au parathion éthyle

Substance utilisée	Dose essayée (en grammes de MA/hl)	Mortalités obtenues (%)				Réduction de population par rapport au témoin * (%)	
		Œufs		Acariens adultes (après 3 jours)			
		« N »	« R »	« N »	« R »	« N »	« R »
Déméton méthyle *i*	0,024	0	—	0	—	0,2	—
	0,048	0	—	47	—	— 8,1	—
	0,097	0,1	—	27,2	—	26,5	—
	0,19	0	—	41,8	—	38,6	—
	0,39	1,2	—	100	—	92,1	—
	0,78	4,8	—	100	—	96,1	—
	1,5	1,6	1,2	100	8,6	99,6	20,7
	3,1	—	0	—	28,6	—	19,2
	6,2	—	1,5	—	23,8	—	29,2
	12,5	—	0	—	67,8	—	66,1
	25	—	5,9	—	97,3	—	83,8
	50	—	1,9	—	100	—	89,1
	100	—	9,9	—	100	—	95,0
Dicofol	0,78	0	0	0	11	— 6,2	4
	1,56	0,4	1,4	54	54	59,7	52,1
	3,12	11,9	12,0	100	100	99,7	91,8
	6,25	27,0	60,3	100	100	100	99,0
	12,5	86,4	70,2	100	100	100	99,8
	25	—	95,1	—	—	—	—
Tétradifon	0,048	0	—	15,3	—	10,1	—
	0,097	40,6	27,3	2,5	0	17,6	— 24,2
	0,19	31,2	47,0	0	0	43,5	24,7
	0,39	74,1	87,4	99	0	87,2	71,6
	0,78	97,3	89,9	12,3	0	99,8	98,1
	1,56	99,7	99,3	2,4	0	100	98,8
	3,12	—	99,2	—	27,4	—	100

* Résultats observés 15 à 20 jours après application du produit sur des acariens mis à pondre 1 jour avant traitement et éliminés 3 jours plus tard.

CONCLUSIONS

Bien que l'étude des toxicités relatives ait été réalisée pour chaque produit sur un stade de développement très particulier des acariens, il est logique de penser qu'une variation de toxicité enregistrée sur ce stade entraîne une variation de même sens et probablement de même importance de la toxicité du produit appliqué cette fois à une population naturelle ou tout au moins à une population composée d'acariens à divers stades. Les vérifications que nous avons déjà faites au laboratoire (tabl. 4) tendent à montrer qu'il en est bien ainsi.

D'un point de vue pratique, les résultats que nous avons rapportés précédemment tendent à prouver que contre des populations de tétranyques résistant au parathion éthyle, l'usage d'un produit reconnu actif contre des acariens normaux a beaucoup de chances de se révéler sans intérêt si le produit considéré fait partie, comme le parathion du groupe des esters phosphoriques, mais qu'en revanche, l'usage d'une substance appartenant à un autre groupe, et notamment à celui des carbamates et produits apparentés peut, tout au moins provisoirement, apporter quelque satisfaction.

Reçu pour publication en août 1970.

SUMMARY

COMPARED TOXICITIES OF DIFFERENT SUBSTANCES FOR PHYTOPHAGOUS MITES (*TETRANYCHUS URTICAE* K.) RESISTANT OR NOT TO PARATHION ETHYLE

During the last decade, phosphoric esters have been very widely used to protect cultures against different pests, in particular mites. But, to day, the interest of phosphates in so far as acaricide substances is sometime contested and the problem of their substitution by others compounds is setted. Object of the present work is to show, in the case of *Tetranychus urticae* population resistant to parathion ethyle, the relative interest that classic acaricide products can present as certain experimental formulas.

Results appear to prove that against mite populations resistant to parathion ethyle, the use of an known active product against normal mites will show no interest if the considered product forms a part of the phosphoric esters group but in return, the use of a substance belonging to an other group, especially carbamate can produce some satisfaction.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

STEINHAUSEN W. R. Ein neues Akarizid zur Bekämpfung Phosphorsäureester resistenter Spinmilben mit negativer Kreuzresistenz. *6e Congrès international de la Protection des Plantes*, Vienne, 30-, 6-9 1968.

COULON J., LHOSTE J., MISSONNIER J., 1967. Problèmes posés en France par les déprédateurs des cultures résistantes aux pesticides. Travaux de recherches entrepris. *6e Congrès International de la Protection des Plantes*. Vienne, 30-8, 6-9 1968.

Ann. Zool. Écol. anim., 1971, **3** (1), 79-96.

CATALOGUE RAISONNÉ DES INSECTES DES ANTILLES FRANÇAISES (1)

3

COLÉOPTÈRES : « TENEBRIONIDAE »

G. MARCUZZI et J. D'AGUILAR

Istituto di Biologia animale, Università di Padova (Italie)
Station centrale de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, I. N. R. A.,
78 - Versailles

Tentyriinae

Trientoma guadeloupensis FLEUTIAUX et SALLÉ, 1889, *Ann. Soc. Ent. France*, **58**, 421.

Guadeloupe (Saint-François) ; les Saintes (à mi-côte du Chameau).
Antigua, Barduda, Saint-Kitts, Saint-Eustatius.
Sous les pierres, dans les lieux humides, le terreau.

Trientoma martinicensis ALLARD, 1883, *Ann. Soc. ent. de Belgique*, **27**, 14.

Martinique.

Tenebrioninae

Diastolinus mulsanti MARCUZZI (*in litt.*) (= *hummelincki* MARCUZZI) 1962 *nec* 1949, 1962, *Saint-Fauna Curaçao and other Carribb Islands*, **13**, 28-29, pl. III, 4-6).

Martinique? Cette espèce est très proche, sinon identique à *D. semicribratus* CHEVROLET (*in litt.*) qui a été redécrite par MULSANT et REY et dont la patrie d'origine est la Martinique.
Saint-John, Saint-Thomas.

(1) Voir 1966. *Ann. Epiphyties*, **17** (3) 247-262 ; 1969. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **1** (2), 107-120.

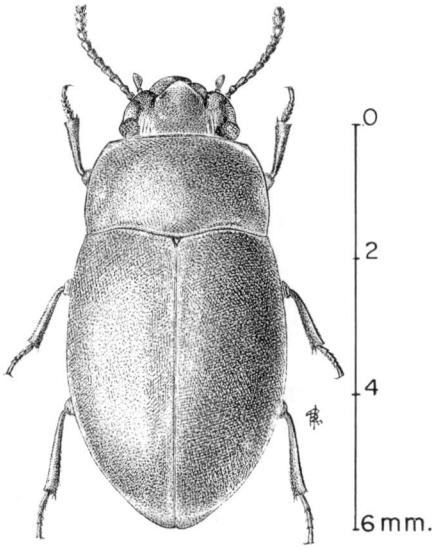


FIG. 1. — *Trientoma guadeloupensis*

Diastolinus costipennis MULSANT et REY, 1859, *Ann. Soc. Agr. Lyon*, **3**, 149-152.

Martinique.
Saint-Kitts, Hispaniola.

Diastolinus clathratus (FABRICIUS), 1792, *Entom. Syst.*, **1**, 109.

Saint-Martin (Partie hollandaise, Old Battery à l'est de la Grand-Baie).
Sainte-Croix.

Diastolinus perforatus (SAHLBERG), 1823, *Peric. entom. sp. insect. nond. desc. propos.*, **15**.

Guadeloupe (Vieux-Fort, Pointe-des-Châteaux) les Saintes ; Saint-Martin ; Saint-Barthélémy (Lorient, Gustavia, Public).
Fourche, Anguilla, Sainte-Croix.
Espèce de taille extrêmement variable, les exemplaires de Guadeloupe sont les plus petits tandis que ceux de Saint-Martin sont les plus grands.
Sous pierres et abris divers.

Opatrinus gemellatus (OLIVIER) 1795, *Ent.* **31**, 60, p. 9, pl. 1, fig. 8.

Guadeloupe (Petit-Bourg) ; semble largement répandu dans cette île ; les Saintes.
Martinique (Fort-de-France).

Petites Antilles (de Sainte-Croix à Grenade), Trinidad et Tobago, Amérique du Sud (partie nord-occidentale de la Colombie à la Guyane).

Dans compost et sous les pierres.

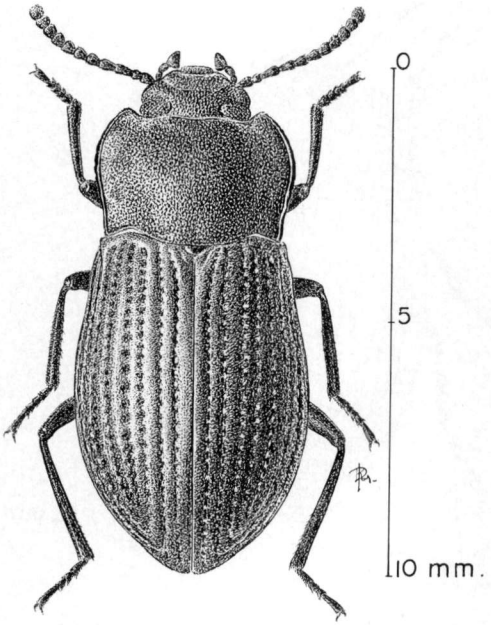


FIG. 2. — *Opatrinus gemellatus*

Blapstinus opacus MULSANT et REY, 1859, *Ann. Soc. Agr. Lyon*, **3**, 186-187.

Guadeloupe (Pointe-des-Châteaux, Saint-François, Vieux-Habitants) ; Saint-Martin (Tintamarre).

Aves, Saint-Eustatius, Anguille, Saint-John, Fourche, Saint-Kitts.

Trichoton marcuzzii KULZER, 1961, *Ent. Arb. Mus. Frey*, **12**, 212-14.

Guadeloupe (Pointe-des-Châteaux).

Venezuela ; Margarita et Blanquilla.

Les populations de Guadeloupe et de Blanquilla constituent vraisemblablement une race géographique.

Ammodonus ciliatus (CHAMPION) 1896, *Trans. ent. Soc. London*, **41**, 9.

Les Saintes (cité par FLEUTIAUX et SALLÉ sous le nom de *Ulus* (= *Scaptes*) *squamulatus* CHAMP.).

Saint-Vincent, Margarita.

Dunes de sable près de la mer.

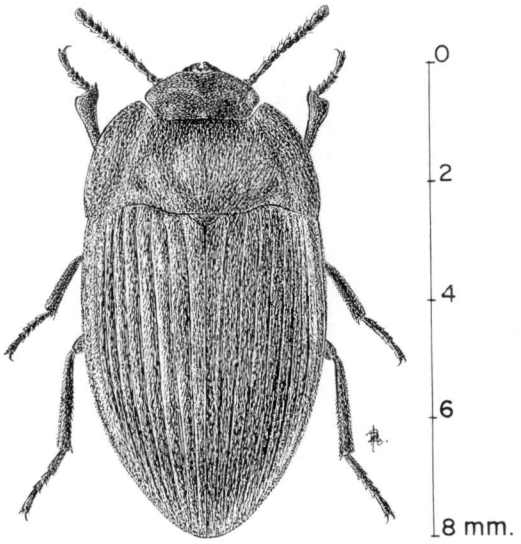


FIG. 3. — *Trichoton marcuzzii*

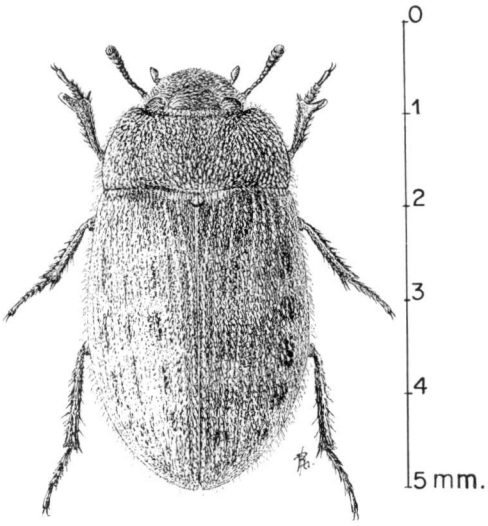


FIG. 4. — *Ammodonus ciliatus*

Trachyscelis flavipes MELSHEIMER, 1846, *Proc. Acad. Nat. Sci.* Philadelphia, **3**,61.

Guadeloupe : (cité, sous le nom de *T. aphodioides* par FLEUTIAUX et SALLÉ sans précision ; aussi dans collection FREY) ; Saint-Martin (Baie aux Cailles).
Côte sud-occidentale de l'Atlantique ; Saint-Thomas, Barbuda.
Dunes sablonneuses.

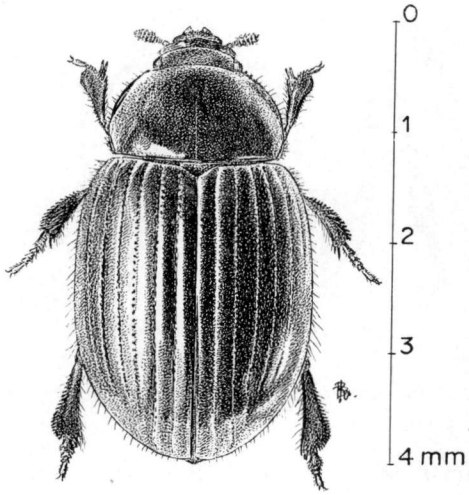


FIG. 5. — *Trachyscelis flavipes*

Phaleria angustata CHEVROLAT, 1878, *Ann. Soc. ent. Belg.*, **21**, CCXLVIII-CCXLIX.

Guadeloupe (Basse-Terre) ; Saint-Martin (Baie-aux-cailles).
Venezuela ; îles Margarita, Trinidad, Nevis, Porto-Rico, Hispaniola, Jamaïque.
Sables littoraux.

Phaleria chevrolati FLEUTIAUX et SALLÉ, 1889, *Ann. Soc. Ent. de France*, **58**, 422.

Les Saintes (Anse Pont-Pierre).
Moustique, Grenade, Venezuela.
Sables littoraux.

Phaleria guadeloupensis FLEUTIAUX et SALLÉ, 1889, *Ann. Soc. Ent. de France*, **58**, 423-424.

Les Saintes (Grande-Anse) ; Saint-Martin (Baie-aux-Cailles). Sables littoraux.

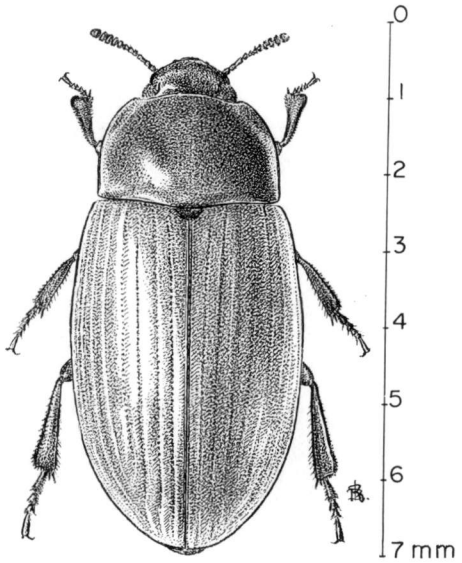


FIG. 6. — *Phaleria guadeloupensis*

Phaleria maculipennis MARCUZZI, 1962, *Stud. Fauna Curaçao and Other Caribb. Isl.*, **13**, 37, pl. 5, fig. 5-10.

Guadeloupe (Saint-François, Anse-à-la-Barque).
Margarita, Saint-Eustatius.
Dans sable humide, sous varechs.

Phaleria fulva FLEUTIAUX et SALLÉ, 1889, *Ann. Soc. Ent. de France*, **58**, 423.

Guadeloupe (Pointe Noire) ; les Saintes (Grande Anse).
Venezuela ; Margarita, Aves, Moustique, Grenade et Grenadines.
Sables littoraux.

Hoplocephala suilla (CHAMPION) 1896, *Trans. ent. Soc. London*, **41**, 11.

Guadeloupe (Trois-Rivières).
Saint-Vincent.
Dans des champignons des troncs d'arbres morts.

Platydema piceum CASTELNAU et BRULLÉ, 1831, *Ann. soc. nat.*, **23**, 362.

Guadeloupe.

Platydema sp. (Deux espèces, non identifiées, figurent dans le matériel de l'I. N. R. A.).

Guadeloupe (Petit-Bourg, Gourbeyre).
Dans feuilles sèches. Est attiré par la lumière.

Liodema sp.

Guadeloupe (Petit-Bourg).

Arrhabaeus guadeloupensis FLEUTIAUX et SALLÉ, 1889, *Ann. Soc. ent. de France*, **58**, 424-425.

Guadeloupe (Forêt des Bains-Jaunes, L'Échelle, Gourbeyre, Capesterre, Grand-Étang, Petit-Bourg, Vernou).
Dans bois pourri.

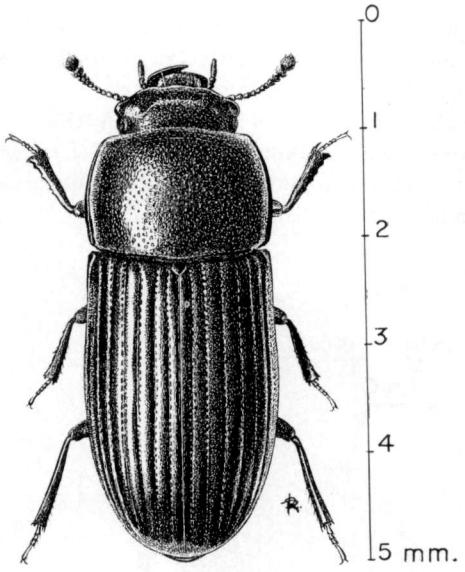


FIG. 7. — *Arrhabaeus guadeloupensis*

Iccius sp.

Guadeloupe (Petit-Bourg, Deshaies : Plage de Ferry).
Dans gousses de *Tamarindus indica*.

Tribolium castaneum (HERBST) 1797, *Nat. bek. Ins. Käfer*, **7**, 282.
= *ferrugineum* HBST. *nec* MULS,

Guadeloupe (Camp-Jacob, Gourbeyre, Trois-Rivières, Petit-Bourg, Pointe-à-Pitre).
Martinique (Fort-de-France, Saint-Pierre).
Cosmopolite. Espèce répandue dans le monde entier dans les denrées entreposées (surtout amylacées) les plus diverses où elle commet des dégâts importants dus surtout à ses souillures. Sous les écorces. Elle se rencontre avec l'espèce voisine *Tribolium confusum* DUV. qui, elle aussi cosmopolite, doit se trouver aux Antilles françaises.

Gnathocerus maxillosus (FABRICIUS) 1801, *Syst. Eleuth.*, **1**, 155.

Guadeloupe (Le Moule).

Cosmopolite, probablement originaire d'Amérique centrale. Dans les denrées entreposées comme le précédent. Il est vraisemblable que l'espèce voisine *Gnathocerus cornutus* F., américaine, doit exister aux Antilles françaises.

Alegoria castelnaui FLEUTIAUX et SALLÉ, 1889, *Ann. Soc. Ent. France*, **58**, 425-26.

Guadeloupe (Gommier, Bains-Jaunes, Camp-Jacob, Petit-Bourg (Domaine Duclos), Vernou, Capesterre, Vieux-Port). Martinique, Fort-de-France (au piège lumineux).

Peut-être répandu dans toutes les Petites Antilles.

Signalé sur Canne à Sucre, Bananier, Balisier (*Heliconia caribaea*). L'adulte a été observé sur des feuilles pourries de Balisier et de Bananier dont il mange la moelle du rachis (J. BONFILS).

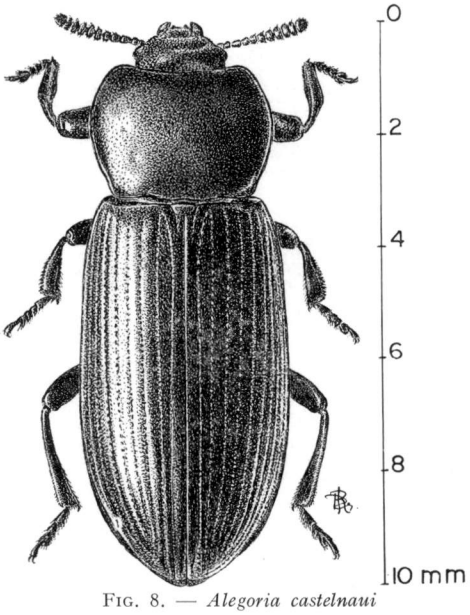


FIG. 8. — *Alegoria castelnaui*

Antimachus roudeni FLEUTIAUX et SALLÉ, 1889, *Ann. Soc. Ent. France*, **58**, 426.

Guadeloupe (Saint-Claude, Camp-Jacob, Bains-Jaunes, Gommier, Matouba, La Citerne : Lac Flammarion, Capesterre : Grand-Étang, Piton de SainteRose).

Endémique en Guadeloupe.

Dans le bois pourri.

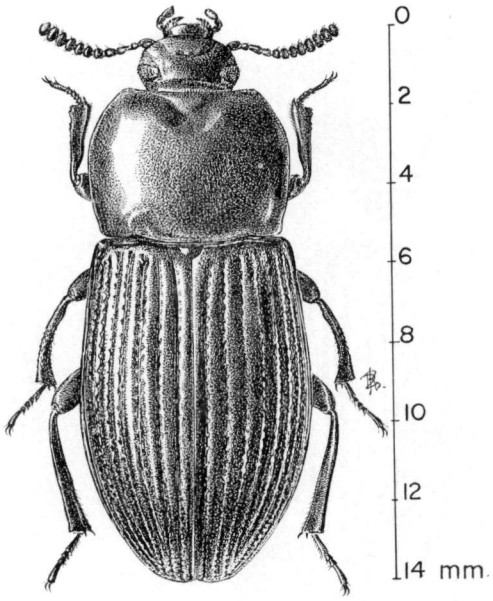


FIG. 9. — *Antimachus roudeni*

Uloma guadeloupensis MARCUZZI (*in litt.*).

Guadeloupe (Trois-Rivières).
Endémique en Guadeloupe.

Uloma retusa (FABRICIUS) 1801, *Syst. Eleuth.*, **1**, 149.

Guadeloupe (Pointe-à-Pitre, Vieux-habitants, Vieux-fort, Capesterre: Neuf-Château, Petit-Bourg : Domaine Duclos). Martinique (Fort-de-France, Saint-Pierre).

Espèce répandue du Mexique au Brésil et au Pérou. Petites Antilles : Montserrat, Dominique.

Sous les écorces et le bois pourri en particulier dans les troncs de *Tecoma pentaphylla*.

Alphitobius diaperinus (PANZER), 1797, *Fauna Germ.*, **37**, 16.

Guadeloupe : (Lamentin, Basse-Terre, Pointe-à-Pitre, Trois-Rivières).
Martinique : (Le Diamant, Saint-Pierre).
Espèce cosmopolite.

Serait mycophage et se rencontre dans les matières végétales altérées et partiellement moisies. A été trouvée en grande quantité dans les poulaillers.

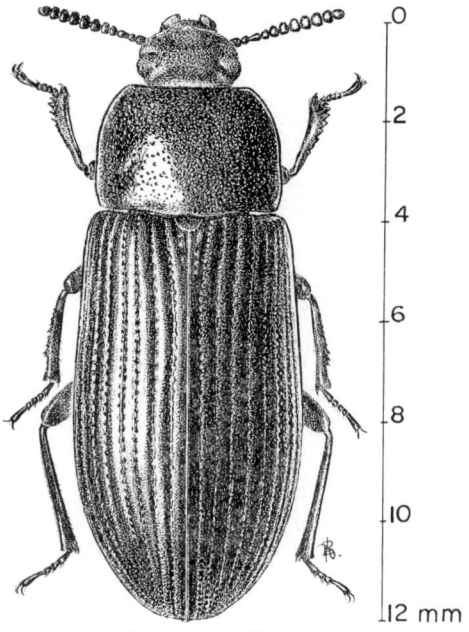


FIG. 10. — *Uloma retusa*

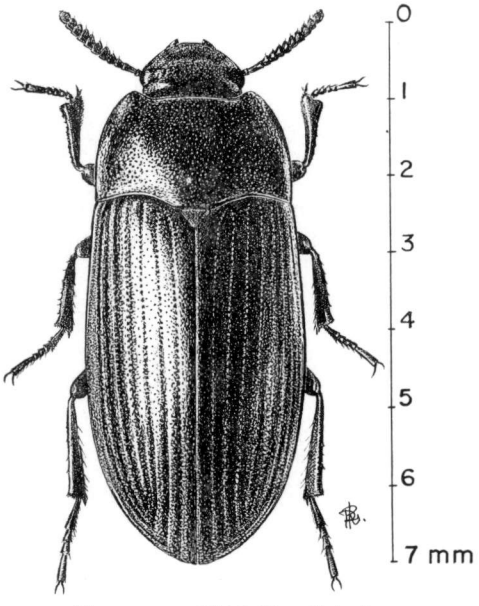


FIG. 11. — *Alphitobius diaperinus*

Alphitobius laevigatus (FABRICIUS) 1781, *Species Ins.*, **1**, 90.
= *piceus* OL. *nec* RTT.

Saint-Martin.
Espèce cosmopolite.

Sitophagus hololeptoides (CASTELNAU), 1840, *Hist. Nat. anim. art.*, **2**, 220.

Guadeloupe (Petit-Bourg, FLEUTIAUX et SALLÉ).
Presque cosmopolite, probablement originaire d'Amérique tropicale.
Sous écorce. A été trouvé plusieurs fois dans les noix muscades et les céréales entreposées.

Doliema plana (FABRICIUS) 1801, *Syst. El.*, **2**, 94.

Guadeloupe (Pointe-à-Pitre, Bouillante).
Grandes et Petites Antilles. Répandu des États-Unis au Chili.
Sous écorce de *Spondias lutea* L.

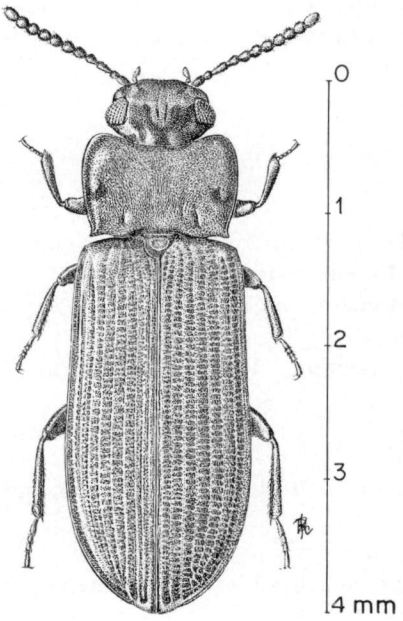


FIG. 12. — *Doliema plana*

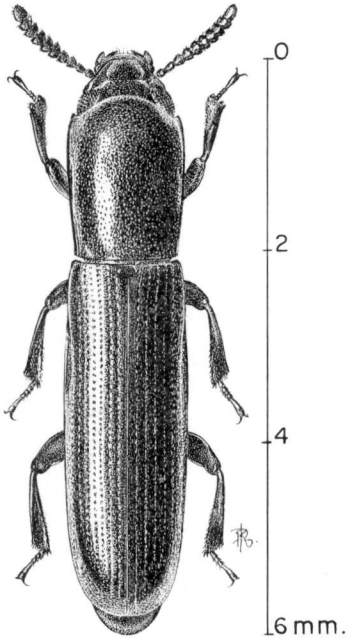


FIG. 13. — *Hypophloeus rufipes*

Hypophloeus rufipes FABRICIUS, 1801, *Syst. Eleut.*, **2**, 558.

Guadeloupe (Bains-Jaunes, Faux piton de Bouillante).
Répandu du Mexique au Brésil et aux Grandes Antilles (Cuba, Porto-Rico).
Sous écorce de Malvacées.

Zophobas atratus (FABRICIUS), 1775, *Syst. Ent.*, 256.
= *morio* FAB.

Guadeloupe (Basse-Terre, Bains-Jaunes, Petit-Bourg : Domaine Duclos).
Martinique (Fort-de-France, Saint-Pierre).
Amérique centrale et méridionale. Iles Sous-le-Vent (Los Testigos, Los Hermanos, Margarita, Aruba).
Espèce synanthrope commune dans les vieilles maisons, les celliers, sous les détritus.

Zophobas rugipes KIRSCH, 1886, *Berl. Ent. Zeit.*, **10**, 197.

Guadeloupe, Saint-Martin.
Répandu du Mexique au Brésil et à l'Équateur. Iles Sous-le-Vent (Aruba. Curaçao).
Espèce synanthrope comme la précédente.

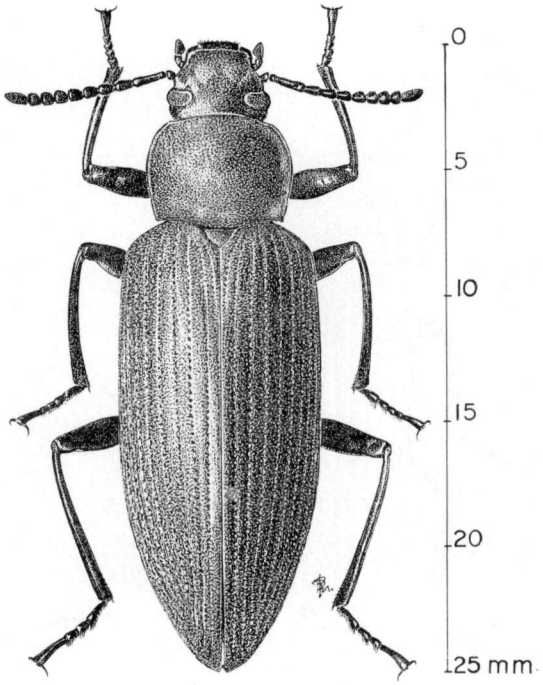


FIG. 14. — *Zophobas atratus*

Hesiodus caraibus FLEUTIAUX et SALLÉ, 1889, *Ann. Soc. Ent. Fr.*, **58**, 424.

Guadeloupe (Basse-Terre, Trois-Rivières, Capesterre, Petit-Bourg : Domaine Duclos).
Endémique en Guadeloupe.
Sous les écorces.

Paratenetus longicornis PIC., 1925, *Mel. exot. ent.*, **44**, 6.

Guadeloupe.
Probablement endémique.

Lorelus brevicornis CHAMPION, 1896, *Trans. Ent. Soc.* London, **41**, 14-15.

Guadeloupe (d'après CHAMPION qui aurait vu les exemplaires de la collection FLEUTIAUX et SALLÉ).
Saint-Vincent, Becquia.
Dans les souches de *Cissus*. Dans des cabosses pourries de cacao.

Lorelus guadeloupensis KASZAB, 1940, *Ann. Mus. Nat. Hungar* (*Zool.*), **33**, 155-56.

Guadeloupe (Gourbeyre).
Probablement endémique.

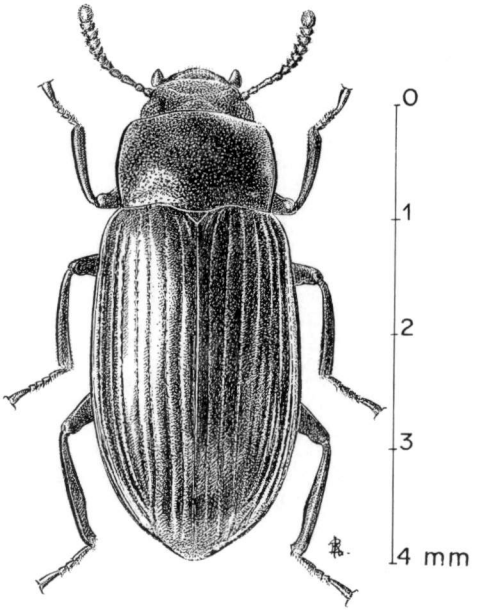


FIG. 15. — *Hesiodus caraibus*

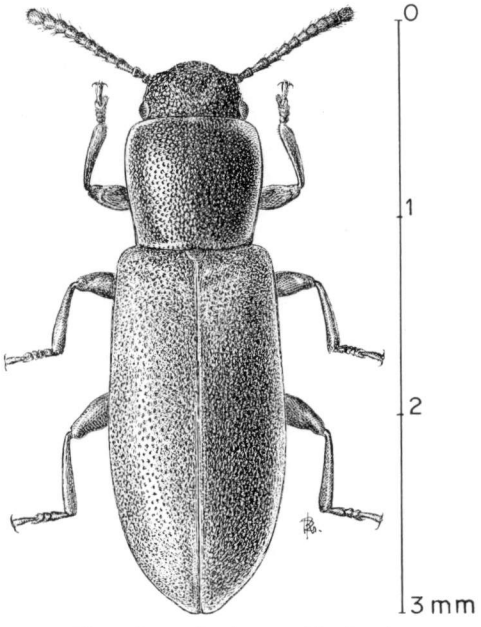


FIG. 16. — *Lorelus guadeloupensis*

Lorelus cribricollis KASZAB, 1940, *Ann. Mus nat. Hungar* (*Zool.*), **33**, 156.

Guadeloupe.
Probablement endémique.

Cyrtosoma piceum CASTELNAU et BRULLÉ, 1831, *Ann. Soc. Nat.*, **23**, 362.

Guadeloupe.
Probablement endémique.

Cyrtosoma lherminieri (CHEVROLAT), 1838, in Guérin MENEVILLE *Iconog. Reg. anim.*, 123, pl. 31, fig. 10.

Guadeloupe (Camp Jacob, Trois-Rivières, Mamelle de Pigeon, Petit-Bourg : Domaine Duclos, Pointe-à-Pitre).
Petites Antilles.
Sous écorces d'*Inga laurina* SW. ; dans feuilles mortes d'*Euterpes globosa*.

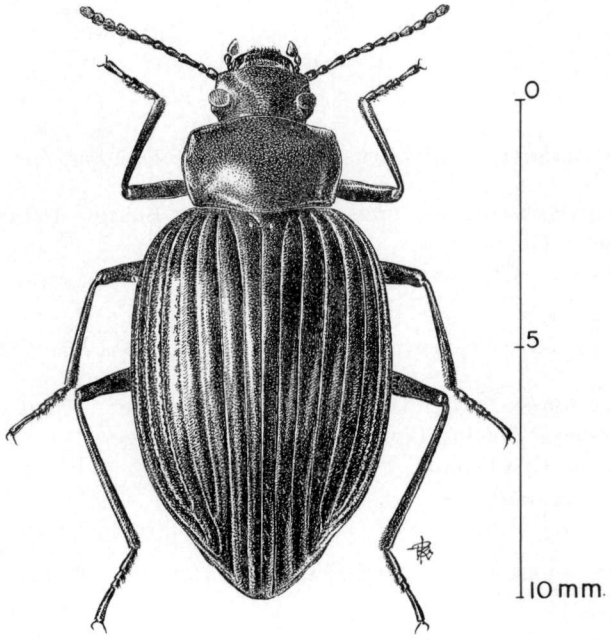


FIG. 17. — *Cyrtosoma lherminieri*

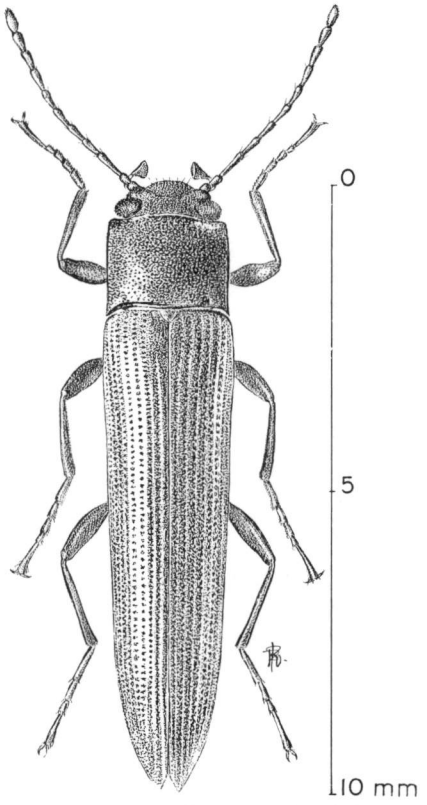


FIG. 18. — *Acropteron chabrieri*

Acropteron chabrieri FLEUTIAUX et SALLÉ, 1889, *Ann. Soc. Ent. France*, **58**, 429.

Guadeloupe (Bains-jaunes, Trois-Rivières, Petit-Bourg : Domaine Duclos).
Endémique en Guadeloupe.
Sur les buissons, à la lisière des grands bois.

Talanus guadeloupensis FLEUTIAUX et SALLÉ, 1889, *Ann. Soc. Ent. Fr.*, **58**, 470-31.

Guadeloupe Basse-Terre, Trois-Rivières, Capesterre : Neuf-Château, (Petit-Bourg : Domaine Duclos, Bouillante : Crête de village).
Endémique en Guadeloupe.
Dans végétaux morts.

Pyanisia tritis CASTELNAU, 1840, *Hist. Nat. anim. artic.*, **2**, 236.

= *unicolor* SOL.

Guadeloupe.
Répandu du Mexique à Panama et aux Grandes Antilles.

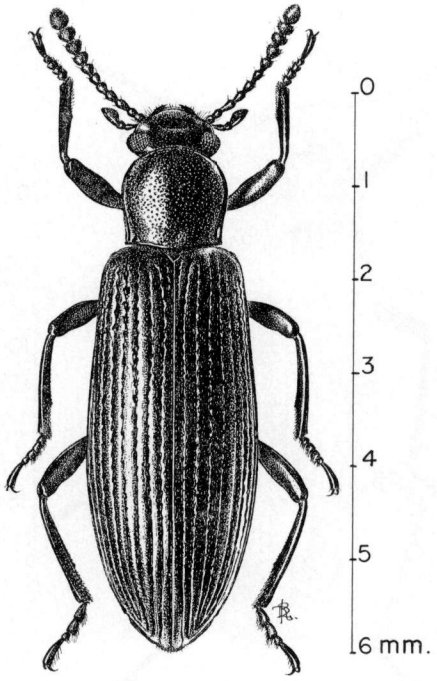


FIG. 19. — *Talanus guadeloupensis*

Pyanisia nebulosa (FABRICIUS) 1781, *Spec. ins.*, **1**, 158
= *undata* FAB.

Guadeloupe (Pointe-à-Pitre, Trois-Rivières, Petit-Bourg : Domaine Duclos, Capesterre : Neuf-Château, Vernou).
Répandu du Mexique à l'Argentine ; Grandes Antilles.
Sous écorce de Manguier.

Strongylium chalcopterum MÄKLIN, 1864, *Monog.*, 323.

Martinique.
Probablement endémique.

Strongylium delauneyi FLEUTIAUX et SALLÉ, 1889, *Ann. Soc. Ent. Fr.*, **58**, 429-30.

Guadeloupe (Camp-Jacob).
Probablement endémique.

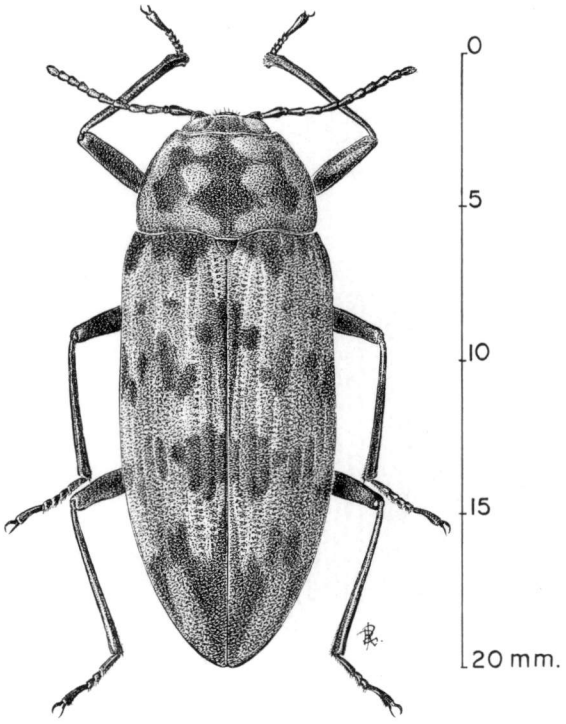


FIG. 20. — *Pyanisia nebulosa*

Strongylium guadeloupense GEBIEN, 1911, *Col. Cat.*, **37**, 596.
= *inaequale* FLEUTIAUX et SALLÉ.

Guadeloupe (Bains-Jaunes).
Probablement endémique.

Reçu pour publication en novembre 1970.

BIBLIOGRAPHIE FONDAMENTALE

BLACKWELDER R. E., 1944-1957. *Checklist of the Coleopterous insects of Mexico, central America, the West Indies and South America*, 1492 p.

FLEUTIAUX E., SALLE A., 1889. Liste des Coléoptères de la Guadeloupe. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, **58**, 351-384.

GEBIEN H., 1938-1944. Katalog der Tenebrioniden. *Publ. Mus. Ent. Pietro Rossi Duino*, **2**, 505-883 ; *Mitt. Münchener Ent. Ges.*, **29**, 443-474 ; 730-770 ; **30**, 405-436, 755-786, 1061-1092 ; **31**, 331-362, 803-834, 1131-1146 ; **32**, 308-346, 729-760 ; **33**, 399-430, 895-926 ; **34**, 842-900.

MARCUZZI G., 1954-1959. Tenebrionid beetles of Curaçao, Aruba, Bonaire and the venezuelan islands. *Stud. of the Fauna of Curaçao and other Carib. isl.*, **5**, 1-36 ; **9**, 79-91.

MARCUZZI G., 1962. Tenebrionid beetles of the West Indies. *Stud. of the Fauna of Curaçao and other Carib. isl.*, **13**, 21-48.

Ann. Zool. Écol.anim., 1971, **3** (1), 97-101.

DOLICHODORUS CASSATI N. SP. (*NEMATODA : TYLENCHIDA*)

M. LUC et A. DALMASSO

Laboratoire de Nématologie, O. R. S. T. O. M., Dakar (Sénégal)

Station de Recherches sur les Nématodes,
Centre de Recherches I.N.R.A.,
06 - Antibes

RÉSUMÉ

Dolichodorus cassati n. sp. est décrit et figuré. Cette nouvelle espèce, la première du genre observée en Europe, a été rencontrée dans un sol de prairie humide provenant de Saint-Émilion (Gironde, France). Seuls deux femelles et trois mâles ont pu être récoltés ; néanmoins *D. cassati* n. sp. est très bien caractérisé par : la queue arrondie des femelles, les phasmides situées très avant de l'anus chez les deux sexes, la forme de la région labiale presque continue avec le reste du corps, l'existence d'une lèvre vulvaire antérieure très recouvrante et la structure du champ latéral.

Dans un échantillon de sol de prairie très humide provenant de Saint-Émilion (Gironde, France), adressé à la Station de Recherches sur les Nématodes d'Antibes (I. N. R. A.) par le C. E. T. A. local, ont été recueillis deux femelles et trois mâles d'une espèce nouvelle appartenant au genre *Dolichodorus* COBB, 1914. Afin de disposer d'un plus grand nombre de spécimens, plusieurs dizaines de kilogrammes de sol prélevé au même endroit ou dans des prairies similaires voisines, furent par la suite analysés, mais en vain.

Cependant, en dépit du petit nombre d'individus en leur possession, les auteurs ont jugé utile de décrire cette espèce, très bien caractérisée dans le genre et représentant le premier *Dolichodorus* rencontré en Europe, ce genre étant, par ailleurs, connu d'Amérique, d'Afrique tropicale de l'Ouest, d'Australie, de Nouvelle-Zélande et de Formose.

Dolichodorus cassati n. sp. est dédié à P. CASSAT, nématologiste amateur, qui a contribué à sa découverte.

« DOLICHODORUS CASSATI » N. SP.

Mensurations

Femelles (2) : L : 1,87-1,98 mm ; *a* : 40-43 ; *b* : 5,8 ; *c* : 73-81 ; V : 52-54 ; stylet : 116 µ - ? ; partie basale du stylet : 47 µ.

Mâles (3) : L : 1,91-2,01 mm ; *a* : 38-50 ; *b* : 6,2-7,2 ; *c* : 70-74 ; stylet : 106-114 µ ; partie basale du stylet : 40-45 µ : spicules : 58-61 µ ; gubernaculum : 23 µ.

Holotype femelle : L : 1,87 mm ; *a* : 43 ; *b* : 5,8 ; *c* : 81 ; V : 54 ; stylet : 116 µ, partie basale du stylet : 47 µ.

Allotype (mâle) : L : 1,91 mm ; *a* : 38 ; *b* : 6,2 ; *c* : 70 ; stylet 113 μ ; partie basale du stylet : 45 μ : spicules : 60 μ ; gubernaculum : 23 μ.

Description

Femelle.

Habitus en C très refermé. Corps cylindrique, massif, peu effilé vers l'avant, pas du tout vers l'arrière.

Région labiale arrondie, à peine séparée du reste du corps par une légère dépression. Lèvres comportant un disque labial en relief et six anneaux transversaux, l'antérieur légèrement plus épais que les cinq suivants. Sclérotisation céphalique très fortement développée. Faute de matériel, aucun examen « en face » n'a pu être réalisé, mais l'observation en vue latérale suggère que les lèvres sont au nombre de quatre, les lobations étant apparemment assez peu prononcées.

Cuticule annelée transversalement ; anneaux bien marqués, de 2 μ environ d'épaisseur au milieu du corps. Champ latéral, large de 12 μ, à quatre lignes longitudinales délimitant trois bandes ; bande centrale lisse ; sur la moitié antérieure du corps, bandes extérieures, principalement la bande ventrale, traversées de place en place par de fines striations correspondant à la séparation entre deux anneaux ; sur la moitié postérieure du corps, lignes extérieures du champ latéral portant simplement quelques incisures dirigées vers le centre, mais n'atteignant pas les lignes intérieures.

Stylet long, mince et souple, typique du genre ; boutons basaux plats vers l'avant et arrondis postérieurement.

Œsophage typique du genre ; procorpus légèrement renflé et de forme irrégulière, avec un lumen sinueux ; débouché de la glande œsophagienne dorsale situé quelques microns en arrière du stylet ; bulbe médian ovoïde, puissant, à valvules fortement sclérotisées ; isthme fin et droit ; bulbe basal glandulaire allongé, comportant au moins deux noyaux (plus vraisemblablement trois) ; cardia allongé débouchant sans recouvrement dans l'intestin.

Intestin comportant un « serpentin » (de Guiran et Germani, 1968) ramifié et bien visible se développant sur toute sa longueur ; intestin se prolongeant au-delà de l'anus par un sac post-anal emplissant presque entièrement la queue.

Pore excréteur situé à 194-197 μ de l'extrémité antérieure.

Anneau nerveux étroit, situé immédiatement sous le bulbe médian. Hémizonide plat, couvrant 3-4 anneaux et situé à 9-10 anneaux en arrière du pore excréteur. Hémizonion non observé.

Appareil génital composé de deux gonades droites opposées ; ovaires minces, assez longs ; ovocytes sur un seul rang ; utérus quadricolumellaire comportant une vaste spermathèque ovoïde ; vagin bifide, très long ; vulve en fente ventrale montrant une structure particulière : la lèvre antérieure, très développée, recouvre fortement l'orifice vulvaire d'avant en arrière, le conduit étant ainsi oblique à sa partie terminale.

Queue longue de 23-27 μ, sub-hémisphérique ; rapport longueur de la queue/diamètre anal compris entre 0,62 et 0,67. Phasmides bien visibles, larges de 2 μ, situées à 38-40 μ de l'extrémité postérieure, donc bien avant du niveau de l'anus.

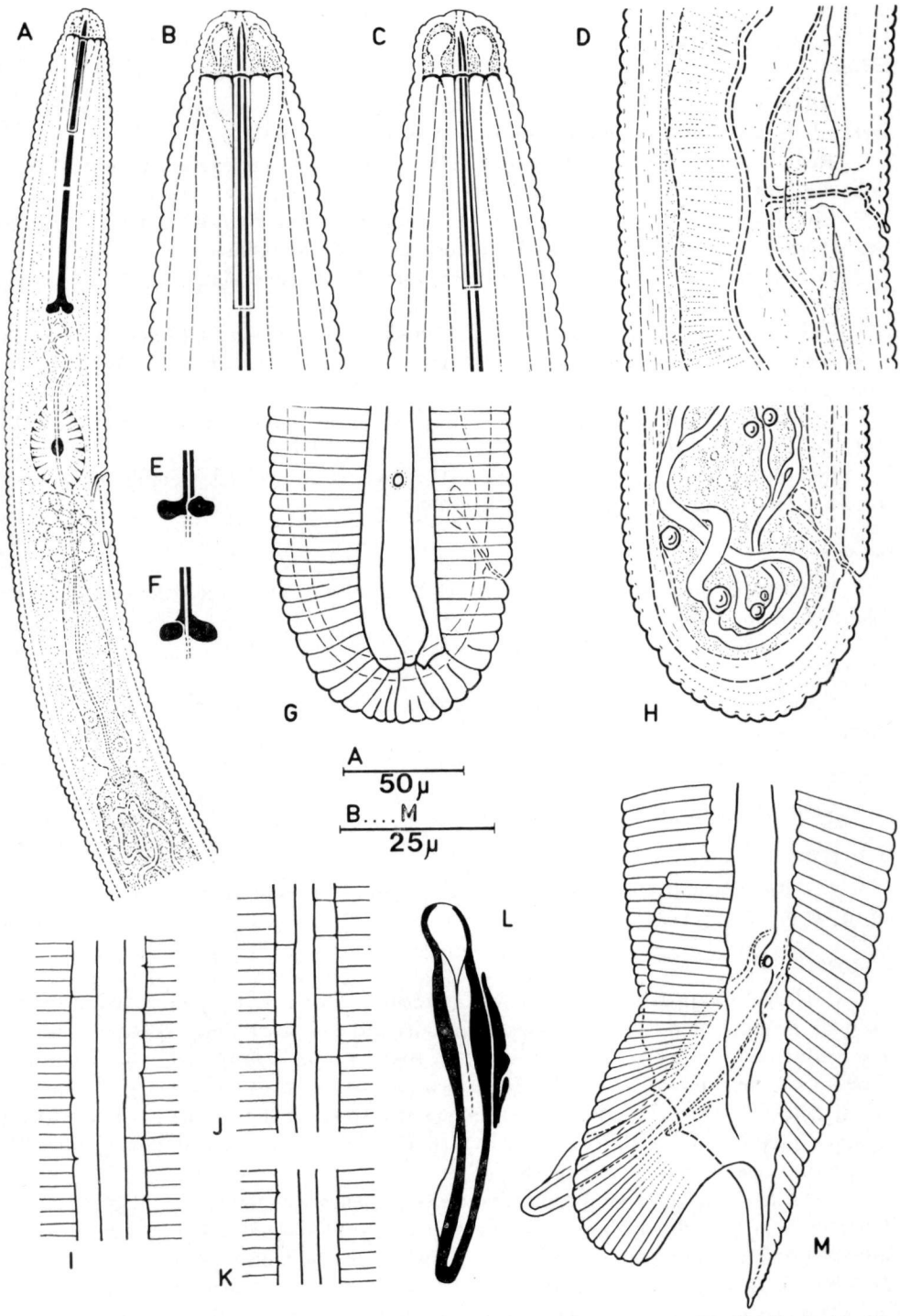


FIG. 1. — Dolichodorus cassati *n. sp.* Femelle ; *A : partie antérieure du corps. B : tête. E : boutons du stylet. D : vulve. G : queue, vue en surface. H : queue, vue interne. I : champ latéral, portion antérieure du corps.* Mâle ; *C : tête.* F *: boutons du stylet. L : spicule et gubernaculum. M : queue. J : champ latéral, portion antérieure du corps. K : champ latéral, portion postérieure du corps.*

Mâle.

Allure générale et caractères anatomiques (sauf ceux se rapportant au système génital) très semblables sinon identiques à ceux de la femelle.

Région labiale plus arrondie que celle de la femelle et légèrement expansée ; lobation des lèvres légèrement plus marquée ; 6 à 7 anneaux labiaux.

Champ latéral large de 10 à 12 µ, du même type que celui de la femelle, mais les striations transverses des bandes extérieures plus fréquentes.

Pore excréteur situé à 208-222 µ de l'avant. Hémizonide plat, situé à 232-247 µ de l'avant.

Queue pointue longue de 27-28 µ ; bursa trilobée ; ailes latérales de forme grossièrement trapézoïdale, séparées par une forte échancrure arrondie de la partie centrale de la bursa.

Phasmides bien visibles, localisées à 54-58 µ de l'extrémité postérieure, soit à 27-30 µ en avant du cloaque.

Spicules massifs, légèrement courbes. Gubernaculum droit, extrémité antérieure repliée dorsalement contre la partie médiane.

Lieu type.

Prairie très humide ; lieu-dit « Bois des Vergnes », Domaine du Château-Figeac, Saint-Émilion, Gironde, France.

Holotype.

Femelle : lame n° 100, Station de Recherches sur les Nématodes, I. N. R. A., Antibes, France.

Allotype.

Mâle : lame n° 101, même collection.

Paratypes.

1 mâle : même collection ; 1 femelle, 1 mâle : Laboratoire de Nématologie, O. R. S. T. O. M., Dakar, Sénégal.

Diagnose.

Les espèces appartenant au genre *Dolichodorus* COBB, 1914, peuvent se diviser en deux groupes bien distincts. Dans le premier qui comprend cinq espèces (*D. heterocephalus* COBB, 1914 ; *D. similis* GOLDEN, 1958 ; *D. profundus*, LUC, 1960 ; *D. silvestris* GILLESPIE et ADAMS, 1962 ; *D. nigeriensis* LUC et CAVENESS, 1963), la queue des femelles, d'abord arrondie, est brusquement rétrécie et se termine par une partie conique plus ou moins effilée ; d'autre part, chez les deux sexes, le champ latéral comporte deux bandes (trois lignes).

Dans le deuxième groupe, la queue des femelles est arrondie ; de plus, chez les deux sexes, le champ latéral comporte trois bandes (quatre lignes) ; ce groupe auquel appartient évidemment *D. cassati* n. sp., comprend trois espèces déjà décrites : *D. obtusus* ALLEN, 1957 ; *D. arenarius* CLARK, 1963 et *D. adelaidensis* FISCHER, 1964. La première est nord-américaine, la seconde néozélandaise, la troisième australienne et aucune des trois n'a été, à notre connaissance, rencontrée en dehors de son aire d'origine.

Dolichodorus cassati n. sp., très bien caractérisé, se différencie de toutes les espèces connues du genre par :

— la position des phasmides, situées très en avant de l'anus, alors que chez les femelles des autres espèces elles sont généralement post-anales ou, plus rarement, légèrement pré-anales. Mais cette différence est encore plus manifeste chez les mâles ; en effet, chez les mâles de *D. cassati* n. sp., les phasmides sont situées plus antérieurement que chez les femelles, à l'opposé des autres espèces du genre où on les trouve à mi-longueur de la queue, voire postérieurement ;

— la forme de la région labiale, peu expansée et à peine séparée du reste du corps par une légère dépression, alors que chez toutes les autres espèces du genre cette dépression est très marquée, formant parfois une véritable gorge ;

— l'existence d'une lèvre vulvaire antérieure très fortement développée et recouvrante.

De plus, dans le groupe des espèces à queue arrondie, elle se différencie par la structure du champ latéral, dont seules les bandes extérieures présentent quelques stries erratiques dans la moitié antérieure du corps, alors que chez les trois autres espèces les bandes extérieures sont plus ou moins régulièrement scalariformes sur toute la longueur du corps ; ces différences sont le plus nettement observables sur la queue chez les deux sexes.

Reçu pour publication en décembre 1970.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Dr. MAE NOFFINSGER, le Dr. FISCHER et le Dr. W. M. WOUTS qui leur ont prêté, pour comparaison, des paratypes de *D. obtusus*, *D. adelaidensis* et *D. arenarius*, respectivement.

SUMMARY

DOLICHODORUS CASSATI N. SP. (*NEMATODA* : *TYLENCHIDA*)

Dolichodorus cassati n. sp. is described and figured. This new species is the first one observed in Europ and was found in wet meadow soil near Saint-Émilion (Gironde, France). Only two females and three males were found ; nevertheless *D. cassati* n. sp. is very well characterized by : the rounded tail of the female, the phasmidia located anteriorly to the anus on both male and female, the shape of the lip region only slighly offset from body, the anterior lip of the vulva recovering backward the vulval slit and the structure of the lateral field.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALLEN M. W., 1957. A new species of the genus *Dolichodorus* from Cafornia (Nematoda : Tylenchida). *Proc. helminth. Soc. Washington*, **24**, 95-98.

CLARK W. C., 1963. A new species of *Dolichodorus* (Nematoda : Tylenchida) from coastal dune sands. *N. Z. J. Sci.*, **6**, 531-534.

FISCHER J. M., 1964. *Dolichodorus adelaidensis* n. sp. and *Paralongidorus eucalipti* n. sp. from Australia. *Nematologica*, **10**, 464-470.

DE GUIRAN G., GERMANI G., 1968. *Brachydorus tenuis*, n. g. n. sp. (Nematoda : Dolichodorinae) associé à *Ravenala madagascariensis* sur la côte est malgache. *Nematologica*, **14**, 447-452.

Ann. Zool. Écol. anim., 1971, **3** (1), 103-123.

MISE AU POINT BIBLIOGRAPHIQUE

L'ÉLEVAGE DES APHIDES SUR MILIEU SYNTHÉTIQUE

G. MASSONIÉ

Station de Zoologie,
Centre de Recherches de Bordeaux, I. N. R. A.,
33 - Pont-de-la-Maye

RÉSUMÉ

Les techniques d'élevage des Aphides sur milieux synthétiques et les résultats obtenus sont successivement examinés.

Les résultats sont influencés par les facteurs de l'environnement, lumière en particulier, et par les facteurs inhérents au puceron.

Les besoins nutritionnels des Aphides sont à peu près identiques à ceux des autres insectes. L'élevage permanent de *Myzus persicae* SULZ et d'*Aphis fabae* SCOP. a pu être réalisé avec un liquide nutritif renfermant du saccharose, des acides aminés, des sels minéraux et des vitamines. Les besoins qualitatifs en acides aminés et vitamines paraissent varier avec les espèces. La composition du milieu synthétique influence la morphogenèse de *M. persicae*.

Les relations des pucerons avec leurs symbiontes intracellulaires sont insuffisamment connues en dépit de leur importance.

La valeur appétitive du liquide nutritif est déterminée par l'intensité des réactions de synergie intervenant entre le saccharose et les acides aminés et par la présence de substances non alimentaires influençant l'ingestion. En l'absence de ces dernières substances, la sélection de la nourriture dépendrait de sa valeur nutritive.

I. — INTRODUCTION

De nombreux travaux mettent en évidence l'influence de la plante-hôte sur la biologie des Aphides. La mise au point des techniques d'élevage des Aphides sur milieu synthétique répond essentiellement au besoin d'études nutritionnelles — besoins nutritionnels, comportement d'appétence — et non aux nécessités d'une production intensive d'insectes, ainsi qu'il en est pour d'autres groupes, Lépidoptères par exemple (GUENNELON, 1968). Les résultats obtenus sont d'autant plus intéressants qu'ils peuvent être — et ont été — immédiatement appliqués à d'autres

études, difficiles, sinon impossible à réaliser d'une manière précise avec les techniques habituelles d'élevage sur plante : polymorphisme, apparition des formes sexuées, influence des facteurs de l'environnement, transmission des virus, action des pesticides et des chimiosterilisants.

Dès 1930, HAMILTON effectue les premières tentatives d'élevage sur milieu synthétique. Mais jusqu'en 1962, toutes les recherches entreprises se soldent par des échecs (AUCLAIR, 1963).

En 1962, les progrès réalisés dans les domaines de la physiologie végétale et de la nutrition des insectes, permettent à MITTLER et DADD de mettre au point la première formule de milieu synthétique donnant des résultats encourageants avec *Myzus persicae* (tabl 1). Ce milieu, ainsi que tous les milieux actuels, est liquide car les premiers essais sur gels n'ont pas donné de bons résultats. Il renferme du saccharose et les acides aminés et sels minéraux présents dans la sève élaborée de diverses essences arbustives (MITTLER, 1958, ZIMMERMANN, 1960) et dans le jus de pois (AUCLAIR *et al.*, 1957). Les vitamines sont celles du milieu ayant permis l'élevage des criquets (DADD, 1961). Le cholestérol a été ajouté en tant que constituant habituel de la ration alimentaire. En 1963, *Acyrtosiphon pisum* est élevé sur une formule comparable basée sur la composition de l'hémolymphe et du miellat excrété par ce puceron (AUCLAIR et CARTIER, 1963-1964).

Depuis, quelques espèces ont pu être élevées pendant plusieurs générations consécutives sur des milieux plus complets en ce qui concerne les oligo-éléments minéraux mais ne présentant par ailleurs que des différences d'ordre essentiellement quantitatif (tabl. 1). Le lecteur est renvoyé aux publications originales s'il veut comparer les différentes formules de milieux synthétiques.

Cependant, les besoins varient avec les espèces. Ainsi la formule publiée en 1966 par MITTLER et DADD (tabl. 1) bien qu'ayant permis l'obtention de 30 générations consécutives de *Myzus persicae*, de 25 générations d'*Aphis fabae*, n'est pas satisfaisante pour l'espèce oligophage *Chaetosiphon fragaefolii*, car la survie des adultes est mauvaise s'ils n'ont accompli une partie importante de leur développement larvaire sur fraisier.

Les espèces actuellement élevées sur milieux synthétiques sont à notre connaissances les suivantes :

Myzus persicae SULZ.	DADD R. H., MITTLER T. E., 1966
Acyrtosiphon pisum HARRIS	AUCLAIR J. 1965
Aphis fabae SCOP.	DADD R. H., KRIEGER, 1967
Neomyzus circumflexus BCKT	EHRHARDT P., 1967
Aphis gossypii GLOVER	AUCLAIR J.-L., 1967 *a* et *b*
Macrosiphum euphorbiae THOS	CARTIER J.-J., MORIN G., 1965
Macrosiphum (*Sitobium*) *avenae* F.	
Rhopalosiphum maidis FITCH	KIERCHEFER R. W., DERR R. F., 1967
Rhopalosiphum padi L.	
Chaetosiphon fragaefolii COCKERELL	SHANKS, FINNINGAN, 1969

Les résultats obtenus font de l'élevage des Aphides l'une des meilleures réussites parmi les multiples tentatives d'élevage d'espèces phytophages sur milieux synthétiques.

II. — MODALITÉS DES ÉLEVAGES SUR MILIEUX SYNTHÉTIQUES

Les progrès successifs réalisés dans la mise au point des élevages sur milieux synthétiques ont permis de dégager progressivement des conditions optimales de travail. Ces conditions concernent le milieu synthétique lui-même (préparation, conservation), son mode de présentation, le contrôle des facteurs externes et des facteurs inhérents au puceron. Parmi ces derniers nous distinguerons les facteurs génétiques (appartenance à une lignée), le conditionnement en élevage de masse, les facteurs éthologiques (espace minimal, le rôle de la lumière étant traité avec les facteurs externes).

1. — *Le milieu synthétique*

A titre de comparaison, nous donnons la composition des formules publiées par MITTLER et DADD en 1962 et en 1966 (tabl. 1). La première formule permettrait la survie de 50 p. 100 des adultes de *Myzus persicae* pendant treize jours et le développement larvaire d'une partie de la descendance de ces pucerons ; la deuxième formule permet l'élevage continu de *Myzus persicae* et d'*Aphis fabae* (DADD et KRIEGER, 1967).

La préparation et la conservation de ce milieu présentent quelques difficultés. Leurs composants peuvent en effet :

a) *Se dégrader :* notamment l'acide ascorbique, si la conservation du milieu n'est pas assurée à — 20°C ou se prolonge trop longtemps à cette température, bien que les solutions pures d'acide ascorbique soient stables à — 20° (DADD, KRIEGER, MITTLER, 1967).

b) *Réagir entre eux.* Il peut y avoir : — formation d'un précipité insoluble de phosphate de magnésium en pH alcalin. Cet inconvénient est évité en suivant un ordre donné de dissolution des produits :acides aminés — sucres — sels minéraux — vitamines, en ramenant le pH à 6,8 après l'introduction du premier sel : le phosphate monopotassique. (MITTLER et DADD, 1963 *b*, 1965).

— Formation de chélates insolubles entre les oligo-éléments métalliques et certains composés organiques. En particulier le fer réagirait avec la riboflavine et certains acides aminés, notamment l'histidine (MARKKULA et LAUREMA, 1967). Ces inconvénients sont surmontés en dissimulant les oligo-éléments à leurs réactifs habituels, en les complexant avec l'EDTA de sodium.

— Apparition d'interactions non identifiées entre éléments du milieu lorsque l'ordre de dissolution des produits est modifié (RETNAKARAN et BECK, 1968).

— A la température de la salle, le pH se modifie, même avec les milieux aseptiques. A — 20°, ces modifications n'interviennent pas (AUCLAIR, 1967 *a*).

Les réactions complexes susceptibles de modifier le milieu incitent aux plus grandes précautions. Cependant à — 20°, le milieu pourrait être conservé pendant trois semaines sans que des variations de sa composition —en acide ascorbique notamment — se répercutent sur les pucerons mis en élevage (DADD, KRIEGER, MITTLER, 1967).

2. — *La présentation du milieu synthétique*

Les amélioratons progressives ont permis de présenter le milieu synthétique sous forme de sachets constitués par l'accollement de deux membranes de « Parafilm » (1) amincies par étirement (10 à 20 μ). Les sachets coiffent l'extrémité des boîtes d'élevage (MITTLER, DADD, 1964).

L'aseptie du sachet de « Parafilm » est obtenue par stérilisation aux ultra violets du côté de chaque membrane qui sera mis en contact avec le milieu. Ce dernier est stérilisé par passage à travers un filtre millipore (0,22 μ). La réalisation des sachets est entièrement accomplie dans une boîte à gants équipée d'une lampe à ultraviolets. (DADD, KRIEGER, MITTLER, 1967 ; AUCLAIR, 1967 *a*).

Cette technique permet de réaliser une importante économie de milieu (0,2 à 0,3 ml par sachet) et elle limite le taux de sa contamination par les microorganismes. Après l'alimentation des pucerons, 5 p. 100 des sachets seulement sont contaminés. De plus, les pucerons sont placés dans des conditions de micro-environnement identiques : texture du substrat, volume et espace disponibles, humidité relative, température, lumière (DADD, 1968).

3. — *Influence des facteurs externes*

a) *Lumière.*

Le contrôle de la lumière est important car elle modifie le comportement et la biologie des pucerons.

(1) Marque déposée par la Marathon American Can Co, Menasha, Wisconsin.

TABLEAU I

Milieux synthétiques publiés par MITTLER *et* DADD *en 1962 et 1966*

L'élevage permanent de *M. persicae* et d'*A. fabae* a été réalisé avec la deuxième formule (1966)

	1962	1966
Saccharose (g)	18	15
Cholestérol (mg)	20	
L. acides aminés (mg)		
Alanine	100	100
Arginine	270	270
Asparigine	550	550
Acide aspartique	140	140
Cystéine	10	*40*
Acide glutamique	140	140
Glutamine	150	150
Glycocolle	40	*80*
Histidine	40	*80*
Isoleucine	30	*80*
Leucine	40	*80*
Lysine	120	120
Méthionine	10	*40*
Pénylalanine	10	*40*
Proline	40	*80*
Sérine	80	80
Thréonine	140	140
Tryptophane	40	*80*
Tyrosine	40	*40*
Valine	40	*80*
Vitamines (mg)		
Acide ascorbique	100	100
Acide folique	0,5	0,5
Acide nicotinique	10	10
Acide panthoténique	5	5
Biotine	0,1	0,1
Choline	50	50
Inositol	50	50
Pyridoxine	2,5	2,5
Riboflavine	2,5	2,5
Thiamine	2,5	2,5
Sels minéraux (mg)		
K_3PO_4	500	500
$MgCl_2$ 6 H_2O (1962) puis KH_2PO_4 (1966)	200	200
Fe sous forme de sequestrène		Sequestrène métal
Zn *		1,5 mg 230 µg
Mn *		0,8 112
Cu *		0,8 113
		0,4 65
Eau : compléter à 100 ml pH : 7,0 ajuster avec KOH		

* Avec le sodium EDTA

L'intensité optimale est comprise entre 50 et 550 lux pour *A. gossypii* (AUCLAIR, 1967 *b*), 100 à 200 lux pour *M. euphorbiae* et *A. pisum* (CARTIER, 1965). Les fortes intensités défavorisent la fixation des adultes, la survie des larves et des adultes d'*A. gossypii*, la croissance des larves, la longévité et la fécondité d'*A. pisum* et de *M. euphorbiae*.

Dans le spectre visible, les travaux sur milieu synthétique indiquent que les résultats sont différents suivant la longueur d'onde de la radiation présentant le maximum de transmission. Les expériences de choix entre deux ou plusieurs couleurs révèlent des différences suivant les couleurs dans la fixation et les performances des pucerons. En règle générale, les radiations bleu-violet ont une action opposée à celle des radiations jaune-orangé, les autres radiations fournissant des résultats intermédiaires, comparables à ceux obtenus à l'obscurité.

En présence de leur couleur préférée — jaune ou orange suivant les lignées — la fixation des larves et des femelles aptères d'*A. pisum* s'accomplit en quelques heures et non au terme d'une longue période d'errements (18 à 24 h), lorsque les pucerons commencent à être affamés (CARTIER et AUCLAIR, 1964; CARTIER, 1968). La survie des larves et des adultes, la croissance pondérale et la reproduction sont optimales avec les couleurs ayant provoqué la fixation la plus rapide. Par exemple, l'orange et le jaune permettent la survie de toutes les larves d'*A. pisum*, le bleu provoque une mortalité totale (CARTIER et AUCLAIR, 1964).

Cependant, la réaction des espèces et lignées étudiées présente des variations importantes. *A. gossypii* est particulièrement attiré par les longueurs d'onde comprises entre 570 et 595 mμ, mais ses performances sont optimales de 525 mμ à 595 mμ (AUCLAIR, 1967 *b*). Inversement, les lignées d'*A. pisum* et de *M. euphorbiae* ont des exigences très précises : respectivement 590 et 550 mμ (CARTIER, 1966). *M. euphorbiae*, élevé avec un filtre transmettant 80 p. 100 d'énergie à 520 mμ, devient quatre fois plus lourd que s'il est élevé avec un filtre transmettant la même énergie à 510 mμ. Sa croissance en lumière orange est de 225 p. 100 par rapport à celle en lumière blanche (CARTIER, 1966).

Le comportement des larves et des adultes aptères et ailés peut ne pas être identique. A l'inverse des adultes aptères, les larves d'*A. gossypii* — du 1er au 3e stade — interrompent rarement leur alimentation pour éviter les radiations défavorables succédant aux radiations favorables (AUCLAIR, 1967 *b*). Les femelles ailées d'*A. pisum* passent deux jours à s'agiter et à voler avant de répondre au stimulus favorable, jaune ou orange, et coloniser le milieu, tandis que les femelles aptères se fixent en quelques heures (CARTIER et AUCLAIR, 1964).

Deux hypothèses ont été avancées pour tenter d'expliquer l'action de la lumière. D'après la première, la lumière provoquerait des modifications dans la composition du milieu synthétique (AUCLAIR et CARTIER, 1963-1964). Aux radiations orangées, la dégradation de l'acide ascorbique ne se produirait pas (CARTIER, 1965). D'après la seconde, les différentes radiations perçues par les pucerons seraient interprétées comme des stimulis, de valeur différente, déterminant des comportements particuliers (CARTIER, 1968). Les radiations orangées stimuleraient l'ingestion d'*A. pisum*, car elles seraient identifiées aux radiations perçues par le puceron placé dans les conditions naturelles, lorsque la photosynthèse est activée par la lumière solaire (CARTIER, 1965).

Le puceron serait constamment réceptif au message lumineux puisque différentes séquences de comportement peuvent successivement être obtenues en modifiant la lumière. Ainsi, dans les expériences de choix multiples, il se déplace vers le jaune si bleu et jaune sont permutés (CARTIER, 1966). Cependant, les différents résultats obtenus avec les jeunes larves et les adultes d'*A. gossypii*, soulignent le rôle du stade de développement donc, de la motivation interne ou de la réceptivité sensorielle dans le déterminisme du comportement.

En dehors du cadre des milieux synthétiques, l'étude des conditions d'envol et d'atterrissage d'*A. fabae* placé en chambre de vol, indique que les différentes radiations lumineuses pourraient intervenir en modifiant l'activité musculaire. Ainsi la lumière bleue — riche en UV — déclenche et maintient le vol des pucerons, tandis que la lumière jaune — dépourvue d'UV — l'inhibe (KRING, 1969). Ces résultats mettent en évidence le rôle joué par l'énergie émise dans l'ultra-violet. Or, dans l'exposé des travaux sur milieu synthétique, il n'est pas tenu compte de cette

forme d'énergie, en particulier les quantités d'UV susceptibles d'être transmises par les différents filtres ne sont pas indiquées.

La lumière intervient également par la durée de l'éclairement. Jusqu'à cette date, les travaux sur milieux synthétiques ont été réalisés dans des conditions de température et de photopériode empêchant l'apparition des formes sexuées. L'élevage d'une lignée holocyclique d'*A. pisum* à 15° et avec une photopériode de 10 heures est l'exception. L'apparition des sexués confirme le contrôle direct exercé par la lumière sur les mécanismes déterminant leur formation. Ces résultats sont en accord avec les travaux de LEES mais ils n'excluent pas l'hypothèse, soutenue par von DEHN, d'une action indirecte s'exerçant par l'intermédiaire de la plante (SUTHERLAND et MITTLER, 1969).

Le contrôle de la lumière est donc très important dans la conduite des élevages sur milieu synthétique car les différences quantitatives et qualitatives peuvent avoir des répercussions très importantes en particulier sur la vitesse de fixation (CARTIER, 1965-1968), le taux d'alimentation donc la croissance et la reproduction (AUCLAIR, 1967 *b*).

b) *La température.*

L'abaissement de température de 20,5°C à 15,5°C provoque des réactions différentes chez *M. euphorbiae* et *A. pisum* (CARTIER, 1965). Chez le premier, on observe une réduction de la croissance pondérale et de la fécondité quelles que soient les conditions d'éclairement. Chez le second, la croissance et la fécondité sont stimulées si l'élevage est réalisé à l'obscurité mais sont peu affectées par les radiations polychromes intenses, atténuées, ou monochromes orangées. La longévité des deux espèces augmente avec l'abaissement de la température.

c) *pH.*

L'influence du pH semble varier avec le régime alimentaire. Les espèces polyphages, *M. persicae* (MITTLER, 1967 *b*), *A. gossypii* (AUCLAIR 1967 *a*), tolèrent des variations importantes de pH tandis que l'espèce oligophage *A. pisum* est très sensible au pH (optimum compris entre 7,4 et 7,7) (AUCLAIR, 1965, CARTIER, 1968).

d) *Espace disponible.*

Les pucerons doivent disposer d'un espace suffisant car lorsqu'un certain niveau de population est atteint dans les zones qui lui sont favorables, *A. pisum* colonise les zones de plus faible peuplement (CARTIER, 1968).

4. — *Influence des facteurs inhérents au puceron*

a) *Lignées.*

Les données sont rares. Cependant, PARRY et FORD ont établi que trois races de *M. persicae* présentent, sur milieu synthétique, des taux d'ingestion différents. La sensibilité des pucerons vis-à-vis de produits étrangers (rouge neutre) ou toxiques (phosphamidon) introduits à titre expérimental dans le milieu, est différente suivant les lignées d'une même espèce (PARRY et FORD, 1967).

b) *Conditionnement en élevage de masse.*

L'étude sur végétal des mécanismes intervenant dans le polymorphisme des Aphides indique que les conditions d'élevage d'une génération donnée peuvent se répercuter sur les générations suivantes (LEES, 1966, JOHNSON, 1966, BONNEMAISON, 1951). Les élevages sur milieux synthétiques établissent que la mère transmet des réserves à sa descendance, en particulier des vitamines (MITTLER et DADD, 1963 *b*, 1965), des sels minéraux (DADD, KRIEGER, MITTLER, 1967), des acides aminés (DADD, KRIEGER, 1968).

Il est donc nécessaire de standardiser rigoureusement l'élevage de masse plusieurs générations avant l'expérience car les variations qui s'y produisent, en particulier les fluctuations de la

valeur de la nourriture et de la densité des pucerons, peuvent provoquer une grande variabilité dans les résultats des élevages sur milieux synthétiques.

Ainsi MITTLER et DADD réalisent l'élevage de masse de *M. persicae* sur feuilles cotylédonnaires de radis cultivés dans des conditions très homogènes. Les pucerons proviennent de femelles parthénogénétiques de même forme et de même âge et ils sont élevés en faible densité.

L'étude des substances dont la déficience est temporairement masquée du fait des réserves transmises par la mère, nécessite l'épuisement préliminaire des réserves maternelles. Les mères sont placées sur un milieu synthétique déficient. L'élevage des larves nées dans des intervalles successifs de 24 heures permet de contrôler l'élimination progressive des substances transmises par la mère (MITTLER et DADD, 1965). Cette élimination peut s'accomplir en plusieurs générations (3 pour le cuivre) (DADD, 1967).

5. — *Contrôle biologique de l'efficacité des milieux testés*

Différents critères ont été retenus. Nous distinguerons d'une manière quelque peu arbitraire les critères suivants :

a) *Critères biométriques.*

— Évolution pondérale aux différents stades de développement ou pour un intervalle de temps donné (DADD, KRIEGER, 1968).

— Durée de la croissance larvaire, détermination des différents stades par comptage des exuvies, taux de mortalité, mesure de la longévité et de la fécondité des adultes (MITTLER et DADD, 1963 *b*).

b) *Critères éthologiques.*

Tests d'appétence évalués d'après :

— le comportement des pucerons : temps nécessaire pour obtenir des réponses de « fixation », de prise d'alimentation (MITTLER, 1967 *b*) ;

— la distribution des pucerons sur les différents milieux proposés : tests de choix simples, de choix multiples (AUCLAIR, 1965 ; MITTLER et DADD, 1964) ;

— la profondeur et la durée de pénétration des stylets (MITTLER et DADD, 1965) ;

— la formation des gaines salivaires colorées au rouge neutre ;

— l'évaluation (MITTLER, DADD, 1964, 1965) des quantités de milieu absorbé au moyen de diverses techniques :

coloration au rouge neutre (MITTLER et DADD, 1963 *a*),
mesure de la radio-activité du puceron après ingestion d'un élément radio-actif (MITTLER et DADD, 1963 *a*),
différence entre les poids des sachets de milieu avant et après l'alimentation des pucerons (AUCLAIR, 1965) ;

— l'évaluation des quantités de miellat excrété, de la teneur en azote total du miellat, d'après l'intensité de la réaction à la nynhydrine (DADD, KRIEGER, 1968).

c) *Critères biochimiques.*

Méthode des bilans par différence entre les quantités ingérées et les quantités excrétées d'un produit donné (BRAGDON, MITTLER, 1963).

d) *Critères morphologiques.*

— Apparition des ailés (DADD, 1968).

— Anomalie dans la pigmentation, la morphologie (en particulier alaire) (DADD, 1968).

Mais vraisemblablement, par suite du temps nécessaire, la biochimie et la morphologie ont été, en dépit de leur intérêt, jusqu'ici peu approfondies. En fait, les critères éthologiques et biométriques ont été les plus utilisés.

III. — APPORTS DES ÉLEVAGES SUR MILIEUX SYNTHÉTIQUES A LA PHYSIOLOGIE ET A L'ÉTHOLOGIE DES APHIDES

L'influence des facteurs externes et des facteurs inhérents au puceron est exposée au chapitre « Modalités des élevages sur milieux synthétiques » car ces facteurs doivent être rigoureusement contrôlés, leurs variations pouvant modifier considérablement les résultats des élevages sur milieux synthétiques.

Les besoins nutritionnels et le comportement de nutrition sont étudiés en modifiant, toutes conditions étant par ailleurs définies, la formule témoin par suppression ou addition d'une substance ou groupe de substances, en faisant varier les concentrations afin de juger de l'influence de la substance ou groupe de substances.

1. — *Aspect nutritionnel*

a) *Besoins alimentaires des Pucerons.*

Besoins en glucides. Le sucre habituellement utilisé en milieu synthétique est le saccharose car il représente le principal élément glucidique des pucerons sur leurs plantes-hôtes (Auclair, 1963 ; Ziegler, 1968).

Le saccharose est indispensable à la survie des larves et des adultes, à la croissance larvaire, à la reproduction des adultes (Mittler et Dadd, 1963 *b* ; 1965). Chez *Myzus persicae*, les besoins ne sont pas identiques chez les larves et les adultes : 2,5 à 5 p. 100 pourles larves, 5 à 10 p. 100 pour les adultes. Au-dessous de 10 p. 100, le miellat excrété est peu abondant et pauvre en saccharose ; au-dessus, il est abondant et sirupeux. Ces observations révèlent l'importance du saccharose dans le métabolisme des Aphides (Mittler, 1967 *a* ; Cartier, 1968).

Les pucerons tolèrent de grandes variations dans la concentration en saccharose — 10 à 40 p. 100 — mais l'optimum varie avec les espèces : 10 à 20 p. 100 chez *M. persicae* (Mittler, 1967 *a*), 30 à 35 p. 100 pour *A. gossypii* (Auclair, 1967 *b*), 35 p. 100 pour *A. pisum* (Auclair, 1965).

Comme le saccharose est également le phagostimulant le plus important, on est obligé d'en ajouter une grande quantité pour évaluer l'influence de divers glucides sur la biologie d'*A. gossypii* (20 p. 100 de saccharose + 10 p. 100 de glucide). Mais à l'exception du maltose, tous les glucides testés présentent une valeur nutritive très inférieure au saccharose, en particulier le glucose (Auclair, 1967 *a*).

Besoins en acides aminés. Vingt acides aminés ont été testés.

En l'absence d'acides aminés, la croissance des larves et la reproduction de l'adulte s'arrêtent (l'adulte donne cependant naissance à une dizaine de larves correspondant aux embryons formés avant l'expérience) ; la survie est moins affectée, en particulier celle des adultes (Mittler, Dadd, 1963 *b*) (Auclair, 1965).

Chez *M. persicae*, la concentration minimale en acides aminés, leurs proportions relatives restant les mêmes, est de l'ordre de 0,5 p. 100 pour les adultes, 2 p. 100 pour les larves.L'optimum se situe aux environs de 3 p. 100 mais l'apport de sulfates inorganiques permettrait d'abaisser les besoins en azote (Dadd, Krieger, 1968). Les besoins des larves et des adultes d'*A. pisum* paraissent plus élevés, se situant aux environs de 4,3 p. 100 (Auclair, 1965).

L'évaluation indirecte — par la méthode isotopique — des besoins en acides aminés avait conduit STRONG et SAKAMATO à conclure que les acides aminés essentiels pour *M. persicae* étaient ceux des vertébrés (STRONG, SAKAMATO, 1963). L'évaluation directe — par élevage sur milieu synthétique pendant deux générations consécutives — a établi que seuls la méthionine, l'histidine et l'isoleucine sont essentiels pour *M. persicae* nanti de ses symbiontes. (DADD, KRIEGER, 1968). Pour *A. pisum*, la méthionine est le seul acide aminé dont l'absence provoque, en première génération, un ralentissement de la croissance (MARKKULA et LAUREMA, 1967). Mais l'étude de la croissance et de la reproduction d'*A. pisum* révèle que les dix acides aminés essentiels pour les vertébrés et la cystéine sont essentiels pour ce puceron (RETNAKARAN et BECK, 1968).

Les résultats qui vont suivre concernent essentiellement les besoins de *M. persicae* (DADD et KRIEGER, 1968).

L'absence de la lysine et à un moindre degré de la thréonine provoque un ralentissement de la croissance de la première génération placée sur milieu synthétique car, les réserves transmises par la mère permettant une croissance rapide, la vitesse de synthèse de ces acides aminés devient le facteur limitant de la croissance. Par contre, l'absence de la lysine et de la thréonine est sans effet en deuxième génération car l'épuisement des réserves maternelles provoque une diminution de la vitesse de croissance et la synthèse de ces acides aminés équilibre les besoins de la croissance.

L'absence de la phénylalanine provoque l'arrêt de la croissance en une génération si le milieu est dépourvu des éléments minéraux : fer, zinc, manganèse, cuivre, alors qu'elle est sans effet si ces éléments sont présents.

La suppression de la cystéine arrête la croissance en une génération, mais son rôle se limite à fournir du soufre car elle peut être remplacée par les sulfates inorganiques ou un supplément de méthionine. Chez *A. pisum* la méthionine ne peut compenser l'absence de la cystéine mais les sulfates inorganiques compensent l'absence de la méthionine ou de la cystéine (RETNAKARAN et BECK, 1968).

La suppression du tryptophane provoque une augmentation pondérale des pucerons, donc semble avoir un effet bénéfique.

L'omission simultanée des acides aminés phénoliques, tyrosine et phénylalanine, n'affecte pas la croissance. Par contre, l'omission du groupe constitué par l'acide aspartique, l'acide glutamique et leurs amides, empêche la croissance. L'addition d'un seul de ces produits ou de quantités équivalentes d'alanine et de sérine, compense partiellement l'omission du groupe.

Les acides aminés essentiels pour les vertébrés supplémentés par la cystéine n'assurent qu'une faible croissance et aux doses élevées (4,5 p. 100) sont toxiques. La supplémentation par la sérine et l'alanine permet d'obtenir une croissance presque aussi bonne que celle fournie par le milieu complet.

Les quantités optimales pour chacun des acides aminés essentiels (méthionine, histidine, isoleucine) et en cystéine, peuvent être évaluées d'une manière assez précise. Par contre, la concentration optimale des autres acides aminés est difficile à établir car pour des quantités globales d'azote de l'ordre de 3 p. 100, *Myzus persicae* paraît peu sensible aux fortes variations de la concentration de l'un des acides. Par exemple, *M. persicae* ne réagit pas aux variations de 0 à 1 100 mg d'asparagine pour 100 ml ou de 0 à 640 mg de leucine. Cependant, les différences entre la composition du milieu synthétique ingéré et celle du miellat excrété indiquent une utilisation différentielle des acides aminés, soit dans l'ordre décroissant : méthionine, valine, thréonine, leucine, lysine, asparagine (BRAGDON et MITTLER, 1963).

M. persicae dépourvu de ses symbiontes — par suite d'un traitement aux antibiotiques — devient extrêmement sensible à la composition du milieu. Ses acides aminés essentiels sont alors identiques à ceux des vertébrés. La présence des symbiontes rend possible les synthèses d'acides aminés manquants à partir de ceux momentanément en excès, en particulier l'alanine et la sérine.

La composition du milieu synthétique influence la morphogenèse de *M. persicae*. L'omission des acides aminés essentiels pour ce puceron (isoleucine, méthionine, histidine) provoque une

augmentation considérable du pourcentage des aptères (MITTLER et DADD, 1966). A un degré moindre, l'effet de la lysine, de la thréonine et de la cystéine est comparable. L'omission de l'alanine, du tryptophane, et de la valine, provoque une diminution du pourcentage des aptères. L'omission des autres acides aminés est sans effet sur la morphogenèse (DADD, 1968).

L'interprétation de ces expériences est très délicate. DADD avance deux hypothèses : nutritionnelle et gustative.

L'hypothèse nutritionnelle repose sur le parallélisme entre le rôle morphogénique et l'action sur la croissance des acides aminés essentiels. Les différences dans la composition de la nourriture entraîneraient des différences dans le métabolisme. Ces différences métaboliques provoqueraient des déficiences relatives de certaines substances-clés intervenant dans le développement d'une forme particulière.

Cependant, l'hypothèse nutritionnelle ne peut rendre compte de l'ensemble des observations. De faibles variations de la valeur nutritionnelle de la nourriture peuvent être accompagnées de fortes variations morphogénétiques. Ainsi les larves nées d'aptères, provenant d'un élevage conduit sur radis pendant plusieurs générations, évoluent sur la plante-hôte uniquement en aptères ; celles nées immédiatement après le transfert des parents du radis au milieu synthétique donnent 100 p. 100 d'ailés, si elles sont maintenues sur milieu synthétique, 90 p. 100 d'aptères si elles sont ramenées sur radis moins de 24 heures après leur naissance. Un renversement aussi rapide est difficilement imputable aux seules variations nutritionnelles.

L'hypothèse gustative explique ces phénomènes par l'action des différents stimulus sensoriels perçus successivement lors de l'ingestion de la sève élaborée puis du milieu synthétique. Cette action déclencherait directement, par voie nerveuse, l'ensemble des mécanismes de contrôle, essentiellement endocriniens, orientant le métabolisme vers un type de morphogenèse.

Besoins en Éléments minéraux. Les éléments minéraux sont des éléments essentiels pour les Aphides. Leur présence conditionne la croissance larvaire, la survie et la reproduction des adultes (DADD et MITTLER, 1966).

Les ions phosphate, potassium, magnésium interviennent dès la première génération. Leur influence dépend de leur concentration. Les besoins minimaux sont élevés. (MITTLER et DADD, 1965 ; AUCLAIR, 1965). Ainsi chez *M. persicae*, les besoins minimaux, pour 100 ml de milieu, sont compris entre 43 et 85 mg pour l'ion phosphate, 35 à 70 mg pour l'ion potassium, 6 à 12 mg pour l'ion magnesium. Chez *A. pisum*, il semblerait que les besoins en magnésium soient liés à la quantité de phosphate présent dans le milieu, l'excès de phosphate compensant la diminution en magnésium et inversement (RETNAKARAN et BECK, 1967).

Le fer, le zinc, le manganèse et le cuivre interviennent à des doses beaucoup plus faibles (DADD, 1967). La mise en évidence de leur action a été longtemps retardée, par les réserves transmises par la mère, par les traces de ces minéraux comme contaminants d'autres élément, par des déficiences graves — masquant leur action — des premières formules utilisées (par exemple déficience en acide ascorbique).

Le fer, et à un moindre degré le zinc, interviennent en première génération, le manganèse en seconde génération, tandis que l'effet du cuivre n'est décelable qu'en troisième génération. La gamme des concentrations favorables est étendue mais les concentrations en zinc, manganèse, cuivre, du milieu formulé en 1966 par DADD et MITTLER, paraissent trop éloignées des concentrations optimales de chacun de ces éléments considérés individuellement.

Les milieux pour *M. persicae* et *A. fabae* renferment 0,4 mg de calcium pour 100 ml de solution sous forme de panthoténate de calcium. Si le calcium est nécessaire, la quantité précitée suffit à couvrir les besoins de *M. persicae* car l'addition de calcium n'améliore pas la croissance ; au contraire, les quantités supérieures à 5 mg provoquent une diminution du poids des larves (DADD, 1967). Chez *A. pisum*, l'addition de calcium provoque une stimulation de la croissance pondérale et une inhibition de la reproduction d'autant plus fortes que la concentration en calcium est élevée. Ces phénomènes sont provoqués par un déséquilibre dans les proportions relatives des ions calcium et phosphate. Les meilleurs résultats sont obtenus avec 0,01 p. 100 de citrate

de calcium quand le milieu renferme 0,25 p. 100 de phosphate monopotassique (RETNAKARAN et BECK, 1967).

Le sodium paraît dépourvu de toute influence. Si cet élément est requis, les impuretés du milieu doivent couvrir les besoins de *M. persicae* (DADD, 1967).

L'importance du soufre inorganique, testé sous forme de sulfates, a déjà été soulignée.

Besoins en vitamines. Le milieu synthétique renferme de nombreuses vitamines (AUCLAIR, 1965 ; MITTLER et DADD, 1965). La présence des vitamines liposolubles n'est pas nécessaire. Par contre, les vitamines hydrosolubles du groupe B et l'acide ascorbique sont indispensables (DADD, KRIEGER, MITTLER, 1967).

En première génération, l'absence de l'acide nicotinique, de la thiamine et de l'acide panthoténique se répercute sur la croissance et la survie des larves de *M. persicae* et sur la reproduction des rares adultes apparus. L'absence des autres vitamines hydrosolubles provoque une diminution significative du poids des larves. En deuxième génération, la suppression de la pyridoxine, de l'acide folique, de l'inositol ou de la choline, entraîne l'arrêt de la croissance et une mortalité élevée. L'effet de la suppression de la riboflavine et de la biotine varie avec les tests vraisemblablement parce que les réserves reçues des mères peuvent, dans certains cas, être transmises jusqu'à la troisième génération.

L'exclusion de chacune des vitamines entrant dans la composition du milieu synthétique n'entraîne pas de répercussions défavorables sur le développement larvaire de la première génération d'*A. pisum*. Au contraire, l'exclusion de la riboflavine améliore la survie larvaire et les adultes atteignent un poids plus élevé que les témoins (+ 73,8 p. 100). Cette action défavorable de la riboflavine est vraisemblablement en relation avec la formation de chélates de fer insolubles (MARKKULA et LAUREMA, 1967).

N. circumflexus a pu être élevé pendant 10 générations consécutives en l'absence d'acide panthoténique, de riboflavine, de biotine et de choline (EHRHARDT, 1968).

L'omission de l'acide ascorbique en première génération provoque une diminution du poids des larves de *M. persicae*, l'arrêt de la croissance et la mort des larves en deuxième génération. Dans de bonnes conditions de conservation du milieu synthétique (— 20°C), les doses optimales sont comprises entre 0,05 et 0,2 p. 100.

Besoins en lipides. — Leur présence n'est pas nécessaire, en particulier celle du cholestérol. *M. persicae* (DADD et MITTLER, 1966), *A. fabae* (DADD et KRIEGGER, 1967), *N. circumflexus* (EHRHARDT, 1967) ont pu être élevés respectivement pendant, 30, 25 et 11 générations en l'absence de cholestérol. Les radioisotopes révèlent la présence de cholestérol dans les tissus de *N. circumflexus*, nanti de ses symbiontes, son absence lorsque les pucerons ont été préalablement défaunés par traitement aux antibiotiques (EHRHARDT, 1967).

b) *Rôle de symbiontes.*

Si les symbiontes intracellulaires des aphides sont connus du point de vue morphologique (VAGO, LAPORTE, 1966), leur métabolisme et la nature de leurs relations avec l'hôte demeurent obscurs.

Les élevages sur milieux synthétiques ont apporté quelques précisions. Nous avons vu que les symbiontes sont responsables de la synthèse du cholestérol et que, en leur présence, différentes espèces de pucerons disposent de certains aliments en quantité suffisante pour couvrir leurs besoins nutritionnels. Ainsi *N. circumflexus* a pu être élevé pendant dix générations en l'absence d'acide panthoténique, de riboflavine, de biotine, de choline ; *A. pisum* et *M. persicae* peuvent utiliser les sulfates inorganiques, le nombre des acides aminés essentiels pour *M. persicae* est réduit à trois. L'influence de l'alimentation du puceron sur les symbiontes commence à être mise en évidence. En l'absence des oligo-éléments Fe, Zn, Mn, Cu, Ca, les symbiontes de *N. circumflexus* disparaissent en deux générations. En présence des oligo-éléments précités, les symbiontes des pucerons appartenant à la 10e génération élevée sur milieu synthétique, paraissent identiques à ceux des pucerons élevés sur plante (EHRHARDT, 1968). Il est vraisemblable que les synthèses

réalisées ou permises par les symbiontes sont rapidement perturbées si la nourriture du puceron ne convient pas. Ainsi en l'absence des oligo-éléments Fe, Zn, Mn, Cu, la phénylalanine devient un acide aminé essentiel pour *M. persicae* (DADD et KRIEGER, 1968).

Ces faits indiquent la complexité des relations puceron-symbionte. De nouvelles recherches devraient préciser le rôle des symbiontes dans l'alimentation du puceron et l'influence de l'hôte sur la physiologie des symbiontes. En effet, nous pouvons supposer que la qualité de la nourriture du puceron oriente le métabolisme du symbionte donc modifie les synthèses réalisées ou contrôlées par les symbiontes.

c) *Insuffisances des milieux synthétiques.*

Chez *M. persicae* (MITTLER et DADD, 1966), comme chez *A. fabae* (DADD et KRIEGER, 1967) l'on observe, sur milieu synthétique, une diminution très importante du poids de la deuxième génération, suivie d'une stabilisation à cette nouvelle valeur au cours des générations suivantes. Le poids des femelles virginipares aptères diminue de 500 à 300 µg. Or, en règle générale, le milieu synthétique est beaucoup plus riche en azote soluble que la sève élaborée de la plante-hôte : 2 à 3 p. 100 contre 0,03 à 0,5 p. 100 et il renferme tous les acides aminés alors que beaucoup sont absents de la plante (MITTLER, 1957 ; AUCLAIR, 1963).

Deux hypothèses ont été avancées pour expliquer ces faits (MITTLER et DADD, 1966) :

Jeûne chronique. — Hypothèse que les auteurs éliminent car l'ingestion et l'excrétion sont très comparables sur milieu synthétique et sur plante-hôte. Sur milieu synthétique, les pucerons ingèrent en 24 heures plusieurs fois leurs poids (tabl. 3) et l'excrétion du miellat est identique à celle sur plante-hôte, par la fréquence des gouttelettes et leur richesse en azote.

Déséquilibre nutritif. — Les auteurs pensent à un déséquilibre dans les proportions relatives des acides aminés, de l'ordre de 1 à 2. En première génération, les réserves transmises par la mère masquent ce déséquilibre. Puis la croissance se stabilise à une valeur inférieure, traduisant la création d'un nouvel état d'équilibre entre les besoins du puceron et les possibilités offertes par une nourriture non entièrement satisfaisante.

La perte de poids apparaît comme une conséquence des déviations du métabolisme intermédiaire en réponse au déséquilibre dans les proportions des seuls acides aminés. Cependant, les modifications relatives de substances autres que les acides aminés, en particulier les substances minérales (RETNAKARRAN et BECK, 1967) affectent considérablement la physiologie des pucerons. Il semblerait que l'hypothèse du déséquilibre nutritif doive être élargie à l'ensemble des constituants du milieu synthétique (HOUSE, 1966). Enfin, l'action de substances autres que celles testées jusqu'ici, ne saurait être totalement exclue.

Les formes virginipares aptères des pucerons de la pomme de terre élevées sur rondelle perdent totalement (*Aulacorthum solani*, *Neomyzus circumflexus*) ou partiellement (*Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*), la capacité d'hydrolyser la cellulose tandis que ceux élevés sur plante conservent cette faculté (ADAMS, 1967). L'excision modifie notamment les proportions des éléments chimiques de la plante : glucides (SCUFLAIRE et BRÉBION, 1967), protéines et acides nucléiques (OSBORNE, 1962), enzymes (UDVARDY *et al.* 1964). Or, divers métabolites sont susceptibles d'activer les enzymes des insectes et de modifier leurs conditions d'activité. Ainsi, pour l'hétéroptère *Lygus disponsi* le nitrate de potassium, le chlorure de sodium, la glutamine et à un moindre degré l'asparagine, l'acide aspartique et l'acide glutamique sont des activateurs de l'amylase salivaire. L'efficacité de ces métabolites dépend de leur concentration et de la valeur du pH, leur présence déplace et élargit la gamme de pH favorable à l'activité de l'enzyme (HORI, 1969).

Le rôle des enzymes salivaires : pectinase (ADAMS et MAC ALLAM, 1958), cellulase (ADAMS et DREW, 1965) pourrait ne pas se limiter à faciliter la pénétration intercellulaire des stylets (MAC ALLAM et ADAMS, 1961). ADAMS et DREW suggèrent que ces enzymes pourraient libérer des substances exerçant un effet direct sur la physiologie des insectes, notamment en induisant la syn-

thèse d'enzymes (ADAMS et DREW, 1965). Ainsi chez le champignon *Trichoderma viride*, l'induction de la cellulase par le sophorose est 2 500 fois plus active qu'en présence du cellobiose. Or, le sophorose est une impureté et non un produit du métabolisme de la cellulose (MANDELS *et al.*, 1962).

Le contact des stylets de *M. persicae* avec des toxiques faibles (nature, dose, durée d'action) provoque temporairement l'arrêt de l'alimentation et une augmentation de la fécondité, puis le puceron reprend un rythme d'activité normal. L'influence du substrat s'exercerait par l'intermédiaire des nerfs des stylets mandibulaires (BRADLEY, 1962), récemment mis en évidence par des techniques de microscopie électronique (FORBES, 1969).

Donc, il semblerait que le substrat alimentaire puisse avoir une action directe sur la physiologie de l'insecte notamment sur la synthèse d'enzymes salivaires, l'arrêt ou la stimulation de l'ingestion, la reproduction. Si l'on envisage cette hypothèse, le milieu synthétique représenterait une nourriture très appauvrie par rapport à l'alimentation naturelle.

2. — *Aspect éthologique*

Le puceron ne percevrait pas de stimulus olfactifs en provenance du milieu synthétique car, par suite de son imperméabilité, la membrane de « parafilm » formerait écran ; de plus, la volatilité des différentes substances composant le milieu est négligeable (MITTLER et DADD, 1964 *a*). Cependant par le seul fait du caractère favorable de leur consistance, les membranes de « parafilm » paraissent déclencher, tout au moins pour l'espèce étudiée (ZETTLER, 1967), des comportements de piqûre d'essai comparables à ceux observés sur plante-hôte (MITTLER et DADD, 1963 *a*)

La préférence induite par la couleur jaune de la riboflavine est éliminée en opérant à l'obscurité. Ces considérations permettent de supposer une égalité des probabilités de piqûre sur des milieux synthétiques différents.

Si la fixation d'un puceron incite d'autres pucerons à se fixer près de lui (IBBOTSON, KENNEDY, 1951 ; BONNEMAISON, 1951), ce comportement ne fait que renforcer l'inégalité antérieure des distributions observées. Cette inégalité est imputable à la durée différente des piqûres d'essai suivant la nature des stimulus gustatifs perçus.

Les travaux accomplis ont permis de préciser la valeur appétitive des éléments nutritifs, l'influence de leur concentration et l'importance de leurs interactions sur le comportement alimentaire des Aphides.

a) *Valeur appétitive des substances composant le milieu synthétique.*

Valeur appétitive des glucides. — Comme nous l'avons déjà signalé, le saccharose est un élément appétitif essentiel. L'importance de l'ingestion varie avec sa concentration (MITTLER et DADD, 1963, 1964 *a*).

Chez *M. persicae* l'ingestion est très faible pour des concentrations inférieures à 5 p. 100, elle passe par un maximum entre 10 et 20 p. 100, puis elle décline jusqu'à 40 p. 100, limite supérieure des concentrations testées. Mais l'ingestion ne semble pas traduire correctement la phagostimulation. La phagostimulation serait représentée par l'effort de succion fourni lors de l'ingestion du liquide. Par suite de la nature capillaire du canal alimentaire, cet effort augmente avec la viscosité du liquide. Jusqu'à la concentration de 15 p. 100, l'ingestion du saccharose et la phagostimulation vont dans le même sens puis l'ingestion diminue tandis qu'augmente la phagostimulation (MITTLER, 1967 *a*).

A. pisum présente un comportement d'appétence variable suivant les stades. Les tests de préférence établissent que les larves du 1er au 3^{e} stade se fixent sur les milieux synthétiques renfermant 35 p. de saccharose ; à partir du 4^{e} stade, les pucerons choisissent les milieux renfermant 20 p. 100 de saccharose (AUCLAIR, 1965). Les adultes d'*A. pisum* et de *M. euphorbiae* choisissent les milieux renfermant de 30 à 35 p. 100 de saccharose (CARTIER, 1968).

Parmi les glucides testés pour leurs propriétés phagostimulantes, le saccharose a un rôle prédominant. Ainsi, *A. gossypii* ne distingue pas un milieu renfermant 20 p. 100 de saccharose

et 10 p. 100 de maltose d'un milieu renfermant 30 p. 100 de saccharose, bien que le maltose améliore la croissance et la reproduction. Par suite de l'absence de propriétés appétitives, les pucerons ne peuvent survivre sur un milieu dont le seul sucre est le maltose à la concentration de 30 p. 100. Le glucose n'a aucun pouvoir phagostimulant, le fructose a un pouvoir très faible (AUCLAIR, 1967 *a* et *b*).

Valeur appétitive des acides aminés. — Les acides aminés seuls ont un pouvoir phagostimulant très réduit. Une solution de six acides aminés : asparagine, leucine, lysine, méthionine, thréonine, valine, chacun à 0,1 p. 100 n'est pas préférée à l'eau distillée bien que la durée de la piqûre soit légèrement plus longue (MITTLER et DADD, 1964).

TABLEAU 2

Comparaison de l'effet phagostimulant pour M. persicae *d'une solution renfermant 20 p. 100 de saccharose, par rapport à la même solution additionnée d'un acide aminé ou un mélange de six acides aminés*

(D'après MITTLER, 1967 *b*)

L-acides aminés (*a*) dans 20 % de saccharose	Résultat du test χ^2	Effet sur la phagostimulation
Mélange de 6 (*b*) (concentration totale = 0,6 %)	5,31 ***	Très forte stimulation
Mélange de 6 (*b*) (concentration totale = 0,1 %)	3,62 ***	
Méthionine	3,00 ***	Forte stimulation
Phénylalanine	2,93 ***	
Leucine	2,44 ***	
Méthionine (0,02 %)	2,13 ***	
Isoleucine	2,04 ***	
Tryptophane	1,90 ***	
Asparagine	1,90 ***	
Proline	1,53 **	Stimulation
Valine	1,46 **	
Alanine	1,44 *	Légère stimulation ou absence de stimulation
Cystéine	1,33 *	
Thréonine	1,31	
Tyrosine	1,22	
Glycine	1,22	
Glutamine	1,14	
Alcide aspartique	1,04	
Sérine	1,03	
Lysine	1,00	
Histidine	0,84	Effet répulsif
Acide glutamique pH 7,2	0,83	
Acide glutamique pH 3,5	0,67 *	
Arginine pH 6,4	0,72 *	
Arginine pH 9,0	0,68 *	

a) Tous à 0,1 %, sauf contre indication.

b) Asparagine, leucine, lysine, méthionine, thréonine, valine.

***, **, * indiquent que les valeurs se trouvent à l'extérieur de l'intervalle calculé sur la base de la distribution binomiale pour $P < 0{,}001$, $P < 0{,}01$ ou $P < 0{,}1$.

Par contre, avec le saccharose, les acides aminés présentent des actions synergiques, déclenchant une forte phagostimulation. Une solution renfermant les six acides aminés précités et 20 p. 100 de saccharose est préférée à une solution de saccharose à 20 p. 100. Quand la concentration globale en azote du milieu synthétique varie de 0 à 4,8 p. 100, les proportions des acides aminés n'étant pas modifiées, l'ingestion de *M. persicae* est faible pour les basses concentrations en azote (inférieures à 1 p. 100), optimale pour les concentrations comprises entre 2,4 et 3 p. 100, puis elle décroît progressivement (MITTLER 1967, *a*).

Des tests de préférence entre des solutions à 20 p. 100 de saccharose, pures ou renfermant l'un des vingt acides aminés ont permis d'évaluer le pouvoir phagostimulant respectif des divers acides aminés envers *M. persicae* (tabl. 2) (MITTLER, 1967 *b*). L'important pouvoir phagostimulant de la méthionine envers *M. persicae* ressort du tableau 3 (MITTLER, 1967 *c*).

TABLEAU 3

Valeurs de l'ingestion moyenne chez M. persicae

L'ingestion pour des milieux renfermant différents acides aminés est exprimée en µg par Aphide et par jour (1) d'après MITTLER, 1967 *c*

Expériences	Jours successifs	20 acides aminés	Tous les acides aminés sauf la méthionine	Uniquement la méthionine	Pas d'acides aminés
1	A	707	287		
	B	697	267		
2	A	604	233		
	B	621	254		
3	A	639	466	300	196
	B	641	293	265	133
4	A	849	404	408	202
	B	840	338	440	230
Total 3 + 4		2,969	1,501	1,413	761

(1) Moyennes des valeurs moyennes obtenues pour chacune des 3 ou 4 répétitions de groupes de 40 à 50 larves âgées de 5 à 6 jours (4e stade larvaire). Pour chaque expérience, les valeurs de l'ingestion sont données au 5e (A) et au 6e (B) jour du développement larvaire.

Les expérimentations précitées indiquent qu'en présence de saccharose, l'ingestion de *M. persicae* est conditionnée à la fois par la concentration globale en azote et par la présence de certains acides aminés. Certains jouent un rôle phagostimulant (méthionine, phénylalanine, leucine, isoleucine, tryptophane, asparagine), tandis que d'autres (acide glutamique, arginine, histidine) paraissent avoir un effet inverse. Les variations de la concentration des acides aminés pourraient modifier considérablement la valeur phagostimulante du milieu car l'absence de la méthionine provoque une réduction de moitié de la valeur phagostimulante du milieu.

Valeur appétitive des sels minéraux et vitamines. — Leur rôle dans le comportement d'alimentation est peu connu. Cette lacune devrait être comblée car, par exemple, chez les criquets, le phosphate de potassium stimule l'alimentation en présence de saccharose (THORSTEINSON, 1960).

Action de substances particulières. — L'introduction dans le milieu synthétique de substances particulières a mis leur rôle en évidence dans la prise d'alimentation des pucerons. Ainsi le rouge neutre introduit dans l'eau ou les solutions de saccharose exerce un effet répulsif marqué (MITTLER et

DADD, 1964, PARRY et FORD, 1967) et provoque chez *M. persicae* une importante réduction de l'ingestion (MITTLER et DADD, 1963). L'action du phosphamidon envers *M. persicae* est comparable à celle du rouge neutre (PARRY et FORD, 1967). Inversement, la sinigrine stimule l'ingestion de *B. brassicae* (WEARING, 1968).

b) *Influence sur l'ingestion des pressions exercées sur le liquide nutritif.*

L'ingestion des Aphides placés sur milieu synthétique dépend de leur effort de succion. A ce type d'ingestion active s'oppose un mode d'ingestion passive observé chez le puceron du saule (*Tuberolachnus salignus* GUIL.). Chez ce puceron, la pression osmotique de la sève conditionne l'intensité de l'ingestion (MITTLER, 1957).

Les échecs rencontrés dans les premières tentatives d'élevage sur milieux synthétiques ont été attribués à l'impossibilité qu'ont les pucerons de s'alimenter si une pression n'est pas appliquée au milieu nutritif. Des difficultés techniques considérables s'opposent à la réalisation d'élevages lorsqu'une pression est exercée sur le liquide nourricier. Cependant quelques résultats ont été obtenus en appliquant à des solutions de saccharose une pression de l'ordre de deux atmosphères.

Pour de faibles concentrations en saccharose, 10 p. 100 avec *A. fabae* (VAN EMDEN, 1967), 5 p. 100 avec *M. persicae* et *B. brassicae* (WEARING, 1968), les auteurs constatent une augmentation significative de la longévité. Il est important de noter que cette augmentation n'est obtenue avec *B. brassicae* qu'en présence de sinigrine, avec *M. persicae* qu'en l'absence de cette substance. Or en présence de saccharose, la sinigrine est un phagostimulant puissant envers l'espèce oligophage *B. brassicae* (MOON, 1967) et l'action du saccharose sur la phagostimulation et la longévité de *M. persicae* est considérable. Les auteurs supposent que l'augmentation de la longévité est provoquée par une augmentation de l'alimentation. L'effet bénéfique de la pression s'exercerait soit directement en aidant l'écoulement du liquide dans le canal alimentaire, soit indirectement en stimulant l'ingestion par suite de l'absorption de plus grandes quantités de phagostimulants.

Les observations précédentes ne permettent pas de dégager de conclusions générales sur le rôle de la pression envers l'ingestion des Aphides car elles concernent un milieu sub-optimal et non des milieux satisfaisants d'un point de vue nutritionnel et phagostimulant. La variabilité dans le type d'ingestion suivant la nature de l'alimentation rend encore plus difficile l'évaluation du rôle de la pression : *A. fabae* et *A. pisum* présentent une ingestion active sur milieu synthétique mais vraisemblablement une ingestion passive sur fève puisqu'ils effectuent leurs piqûres nutritionnelles essentiellement sur les faisceaux libéro-ligneux des nervures (LOWE, 1967).

c) *Sélection de la nourriture.*

L'étude du comportement de nutrition indique que le Puceron perçoit la qualité de la nourriture car son comportement de piqûre varie avec la composition du milieu nutritif. Les piqûres sur milieu synthétique satisfaisant sont de longue durée, peu profondes et rarement accompagnées de la formation de gaines salivaires. Inversement, sur solution pure de saccharose, elles sont de courte durée, profondes et accompagnées de la formation de gaines salivaires (MITTLER et DADD, 1965).

Les études d'électrophysiologie signalent l'apparition de courtes périodes d'ingestion (2 secondes) pendant la formation des gaines salivaires d'*A. pisum*. Les auteurs pensent que ces périodes correspondent à l'appréciation de la qualité de la sève par l'organe épipharyngien (MAC LEAN et KINSEY, 1967). La mise en évidence de nerfs dans les stylets mandibulaires (FORBES, 1966) remet en actualité la théorie de ZWEIGELT affirmant dès 1914 que les stylets sont des chimiorécepteurs.

La phagostimulation, évaluée par l'effort de succion, dépend de la valeur appétitive du milieu nutritif. Certaines substances dépourvues de valeur alimentaire — rouge neutre, phosphamidon ou sinigrine (WENSLER, 1962), spartéine (SMITH dans KENNEDY et STROYAN, 1959) modifient considérablement l'ingestion mais la valeur appétitive des substances alimentaires est appréciable.

Lorsque le milieu synthétique renferme exclusivement des substances à valeur alimentaire, la supériorité nutritionnelle déterminerait la sélection de la nourriture car *A. pisum* choisit les milieux dont le contenu en saccharose, en acides aminés, la valeur du pH sont les plus favorables à sa survie et à sa reproduction (CARTIER, 1968). Cependant dans le cadre de la formule utilisée pour *M. persicae*, la valeur phagostimulante et le rôle nutritionnel des acides aminés ne paraissent pas toujours liés. Ainsi l'histidine, acide aminé essentiel, présente, à la concentration utilisée, une action répulsive tandis que le tryptophane est phagostimulant bien que son omission favorise la croissance du puceron.

Les élevages sur milieu synthétique vérifient la théorie de la « double discrimination » car des substances à valeur alimentaire et des substances dépourvues de valeur alimentaires sont identifiées à des stimulus signes orientant le choix de la nourriture (KENNEDY 1968, 1965).

L'analyse du comportement de nutrition suggère qu'il procède d'un choix parmi différentes données fournies par l'intégration des stimulus issus de la motivation interne et des caractéristiques de la nourriture et de l'environnement.

IV. — CONCLUSIONS

Les connaissances acquises sur la physiologie et l'éthologie des Aphides nous permettent de mieux comprendre l'écologie des pucerons. La distribution, la dynamique, les migrations des populations d'aphides seraient contrôlées par les fluctuations saisonnières de la composition chimique de la plante-hôte. Les facteurs de l'environnement et le conditionnement trophique exercé sur les générations précédentes, amortiraient ou accentueraient l'influence de la plante.

Les milieux synthétiques constituent — tels qu'ils sont — un moyen de travail remarquable qui permet d'aborder de nombreux problèmes d'une manière nouvelle. Ils ont déjà permis la réalisation d'études sur :

— la résistance des plantes (KIECKHEFFER et DERR, 1967 ; LEGGE et PALMER, 1968) ;

— la transmission des virus (PIRONE, 1964 ; PIRONE et MEGAHED, 1966) ;

— l'influence des chimiostérilisants (BHALLA, ROBINSON, 1966) ;

— l'influence des pesticides (MITTLER et PENNEL, 1964 ; PARRY et FORD, 1967-1969).

La poursuite de leur mise au point constitue un chapitre de recherches fondamentales très important qui permettra de mieux comprendre la nature des relations existant entre l'insecte et la plante-hôte et peut-être, de concevoir de nouvelles méthodes de lutte.

En effet, les élevages sur milieu synthétique fournissent un moyen de vérifier les hypothèses basées sur l'analyse biochimique des végétaux ayant provoqué des « anomalies » dans la biologie des pucerons. Ils permettront d'étudier l'éventuelle action directe des substances supposées responsables d'une action biologique du fait des variations de leur concentration. Évidemment, afin d'éviter les erreurs d'interprétation, le maniement de cette technique devra être assorti de précautions rigoureuses. En particulier l'incidence de l'introduction d'une substance étrangère — ou des modifications des concentrations relatives des constituants habituels — sur les autres ingrédients devra être vérifiée par suite des possibilités d'interaction qui rendraient inutilisables certains éléments.

L'évaluation de la valeur alimentaire et du pouvoir phagostimulant des aliments a constitué l'objectif essentiel des recherches nutritionnelles. Le rôle éventuel des substances alimentaires — et autres — sur d'hypothétiques mécanismes sensoriels intervenant dans le maintien de l'insecte sur la plante et le déclenchement du comportement de piqûre d'essai n'a pas été abordé. Or, par exsudation, les plantes libèrent de nombreux métabolites à la surface de leur feuillage — en particulier, des sucres, des acides aminés, des acides organiques, des sels minéraux, des substances de croissance. Le rythme d'émission paraît être en relation avec la phénologie des plantes (TUKEY,

1969) et les conditions écologiques (TUKEY et MORGAN, 1963). Nous pouvons supposer que certains produits émis possèdent la valeur de stimulus-signes permettant l'identification de la plante et l'évaluation de sa valeur nutritive. La présence ou l'absence de certains d'entre eux déciderait — en particulier lors de l'atterrissage des ailés — du maintien de l'insecte sur la plante et de l'opportunité d'effectuer des piqûres d'essai. La vérification de cette hypothèse — intéressante dans le cadre de la transmission des maladies à virus de stylets — est rendue possible par la mise au point des techniques d'élevage sur milieux synthétiques.

La connaissance des besoins nutritionnels et le rôle des symbiontes devront être approfondis mais l'aspect le plus important paraît être, dans l'état actuel des recherches, celui mettant en valeur l'influence des substances à valeur nutritive ou non sur la physiologie de l'insecte et son comportement de nutrition.

Reçu pour publication en octobre 1970.

SUMMARY

THE REARING TECHNIQUES OF APHIDS ON SYNTHETIC DIETS

The rearing techniques of Aphids on synthetic diets and the different data obtained are successively reviewed.

The results are influenced by the environmental factors, specially the light, and the aphid's intrinsic factors.

The nutritional requirements of aphids are generally similar to those of other insects. The permanent rearing of *Myzus pericae* SULZ, and *Aphis fabae* SCOP. has been conducted with a liquid diet including sucrose, amino-acids, salts and vitamins. The qualitative requirements in amino-acids and vitamins seem to be different according to the species. The morphology of *M. persicae* is influenced by the composition of the diet.

The relationships of the Aphid with his intracellular symbiotes are not sufficiently known, although they seem to be very important.

The phagostimulary properties of the diet are induced by the intensity of the synergic reactions between sucrose and amino-acids and by the presence of odd substances. Without those token stimuli, the food selection would depend on nutritional value.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADAMS J. B., 1967. A physiologic difference in Aphid (Homoptera) reared on excised leaves and on intact plants. *Canad. J. Zool.*, **45**, 588-589.

ADAMS J. B., MCALLAM J. W., 1958. Pectinase in certain insects. *Canad. J. Zool.*, **36**, 305-308.

ADAMS J. B., DREW M. E., 1965. A cellulose hydrolyzing factor in aphid saliva. *Canad. J. Zool.*, **43**, 489-496.

AUCLAIR J. L., 1963. Aphid feeding and nutrition. *Ann. Rev. Entomol.*, **8**, 439-490.

AUCLAIR J. L., 1965. Feeding and nutrition of the pea aphid *Acyrtosiphon pisum* ((Homoptera Aphididae) on chemically defined diets of various pH and nutrient levels. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **58**, 855-875.

AUCLAIR J. L., 1967 *a*. Effects of pH and sucrose on rearing the cotton aphid *Aphis gossypii* on a germ-free and holidic diet. *J. Insect. Physiol.*, **13**, 431-446.

AUCLAIR J. L., 1967 *b*. Effects of light and sugars on rearing the cotton aphid *Aphis gossypii* on a germ-free and holidic diet. *J. Insect. Physiol.*, **13**, 1247-1268.

AUCLAIR J. L., MALTAIS J. B., CARTIER J. J., 1957. Factors in resistance of peas to the pea aphid *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera Aphididae). II. Amino acids. *Canad. Entomol.*, **89**, 457-464.

AUCLAIR J. L., CARTIER J. J., 1964. L'élevage du puceron du pois *Acyrtosiphon pisum* sur un régime nutritif de composition chimique connue. *Ann. Soc. Entomol.* Québec, 68-72.

BHALLA O. P., ROBINSON A. G., 1966. Effects of chemosterilisants and growth regulators on the pea aphid fed on artificial diet. *J. Econ. Entomol.*, **59**, 378-79.

BONNEMAISON L., 1951. *Contribution à l'étude des facteurs provoquant l'apparition des formes ailées et sexuées chez les Aphidinae.* Thèse Sci. nat. Univ. Paris, sec. A 2401, nº 3273, *Ann. Épiphyties.* 21-380.

BRADLEY R. E., 1962. Response of the aphid *Myzus persicae* to some fluids applied to the mouthparts. *Canad. Entomol.*, **94**, 702-722.

BRADGON J. L., MITTLER T. E., 1963. Differential utilization of amino-acids by *Myzus persicae* fed on artificial diets. *Nature*, **198**, 209-211.

CARTIER J.-J., 1965. Action des radiations orangées sur le puceron du pois *Acyrtosiphon pisum* et sur le Puceron de la Pomme de terre *Macrosiphum euphorbiae* en élevage sur diète synthétique. *Phytoprotection*, **46**, 2, 65-73.

CARTIER J.-J., 1966. Aphid responses to color in artificial rearing. *Bull. Entomol. Soc. Amer.*, **12**, 378-380.

CARTIER J.-J., 1968. Factors of host plant specificity and artificial diets. *Bull. Entomol. Soc. Amer.*, **14**, 18-21.

CARTIER J.-J., AUCLAIR J.-L., 1964. Pea aphid behaviour, colour preference on a chemical diet. *Canad. Entomol.*. **96**, 1240-43.

CARTIER J.-J., AUCLAIR J.-L., 1965. Effets des couleurs sur le comportement de diverses races du puceron du pois *Acyrtosiphon pisum* en élevage sur un régime nutritif de composition chimique connue. *Proc. XII Int. Cong. Ent. Lond.*, 1964, 414.

CARTIER J.-J., MORIN J. C., 1965. L'élevage du Puceron de la Pomme de terre (*Macrosiphon euphorbiae* (THO.) Homoptera Aphididae) sur diète synthétique. *Ann. Entomol.*, Québec, **10**, 69-79.

DADD R. H., 1967. Improvement of synthetic diet for the Aphid *Myzus persicae* using plant juices, nucleic acids or trace metals. *J. Insect. Physiol.*, **13**, 763-778.

DADD R. H., 1968. Dietary amino acids and wing determination in the aphid *Myzus persicae. Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **61**, 1201-1210.

DADD R. H., MITTLER T. E., 1965. Studies on the artificial feeding of the aphid *Myzus persicae* (SULZER). III. Some major nutritional requirements. *J. Insect. Physiol.*, **11**, 717-743.

DADD R. H., MITTLER T. E., 1966. Permanent culture of an aphid on a totally synthetic diet. (*Myzus. persicae*). *Experimentia*, **22**, 822-833.

DADD R. H., KRIEGER D. L., 1967. Continuous rearing of aphids of the *Aphis fabae* complex on sterile synthetic diet. *J. Econ. Entomol.*, **60**, 1512-14.

DADD R. H., KRIEGER D. L., MITTLER T. E., 1967. Studies on the artificial feeding of the aphid *Myzus persicae* (SULZER). IV. Requirement for water soluble vitamins and ascorbic acid. *J. Insect. Physiol* **13**, 249-272.

DADD R. H., KRIEGER D. L., 1968. Dietary amino acid requirements of the aphid *Myzus persicae. J. Insect Physiol.*, **14**, 6, 741-765.

EHRHARDT P., 1967. Detection of a sterol synthesis induced by symbiotic microorganisms in artificially fed aphids. (Homoptera). *Experimentia*, **24**, 82-83.

EHRHARDT P., 1968 *a*. Die wirkung verschiedener Spurenelemente auf Wachstum, Reproduktion und Symbionten von *Neomyzus circumflexus* BUCKT. bei Künstlicher Ernährung. *Z. vergl. Physiol.*, **58**, 47-75.

EHRHARDT P., 1968 *b*. Der Vitaminbedarf einer siebröhrensaugenden Aphide *Neomyzus circumflexus* BUCKT. *Z. vergl. Physiol.*, **60**, 416-426.

FORBES A. R., 1966. Electron microscope evidence for nerves in the mandibular stylets of the green peach aphid. *Nature*, **212**, 726.

FORBES A. R., 1969. The stylets of the green peach aphid *M. persicae. Canad. Entomol.*, **101**, 31-41.

GUENNELON G., 1967. L'alimentation artificielle des insectes. *Rev. Zool. agric.*, **1-3**, 20-28.

GUENNELON G., 1968. L'alimentation artificielle des larves de Lépidoptères phytophages. *Ann. Épiphhyties*, **19**, 539-70.

HORI K., 1969. Effects of various activators on the salivary amylase of the bug *Lygus disponsi. J. Insect. Physiol.*, **15**, 2305-2317.

HOUSE H. L., 1966. The role of nutritional principles in biological control. *Canad. Entomol.*, **98**, 1121-1134.

IBBOTSON A., KENNEDY J. S., 1951. Aggregation in *Aphis fabae* SCOP. I. Aggregation on plants. *Ann. Appl. Biol.*, **38**, 65-78.

JOHNSON B., 1966. Wing polymorphism in aphids. III. The influence of host plant. *Ent. Exp. appl.*, **9**, 213-222. IV. The effects of temperature and photoperiode. *Entomol. Exp. appl.*, **9**, 301-313.

KENNEDY J. S., 1958. Physiological condition of the host-plant and susceptibility to aphid attack. *Entomol. Exp. appl.*, **1**, 50-65.

KENNEDY J. S., 1965. Mechanisms of host plant selection. *Ann. Appl. Biol.*, **56**, 317-322.

KENNEDY J. S., STROYAN H. L. G., 1959. Biology of aphids. *Ann. Rev. Entomol.*, **4**, 139-160.

KIECKHEFFER R. W., DERR R. F., 1967 *a*. Test of toxicity of seedling corn-plant extract to the corn leaf aphid. *J. Econ. Entomol.* **60**, 597-598.

KIECKHEFER R. W., DERR R. F., 1967 *b*. Rearing three species of cereals aphids on artificial diets. *J. Econ. Entomol.* **60**. 663-665.

KRING J. B., 1969. Behavioural responses of winged bean aphids to coloured fluorescent lamps. *J. econ. Entomol.*, **62**, 1450-54.

LEES A. D., 1960. The control of polymorphism in aphids. *Adv. Insect. Physiol.*, **3**, 207-277.

LEGGE J. B. B., PALMER J., 1968. Behaviour of *Myzus persicae* (SULZ.) on tobacco. Choice by alatae of sites of feeding and larviposition on leaves and artificial substrates of differing nutrient status. *Bull. Entomol. Res.*, **57**, 479-493.

LOWE H. T. B., 1967. Interspecific differences in the biology of aphids on leaves of *Vicia fabae*. I. Feeding behaviour. *Entomol. Exp. Appl.*, **10**, 347-357.

MAC ALLAN J. W., ADAMS J. B., 1961. The significance of pectinase in plant penetration by aphids. *Canad. J. Zool.*, **39**, 305-310.

MAC LEAN D. L., KINSEY M. G., 1967. Probing behaviour of the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*. I. Definitive correlation of electronically recorded wave forms aphid with probing activities. *Ann. Entomol., Soc. Amer.*, **60**, 400-406.

MANDELS M., REESE E. T., PARRISH F. W., 1962. Sophorose as inducer of cellulase in *Trichoderma viride*. *J. Bacteriol.*, **83**, 400-408.

MARKKULA M., LAUREMA S., 1967. The effect of amino acids, vitamins and trace elements on the development of *Acyrthosiphon pisum* HARRIS. *Ann. Agric. Fenn.*, **6**, 77-89.

MITTLER T. E., 1957. Studies on the feeding and nutrition *Tuberolachnus salignus* (GMELIN) the uptake of phloem sap. *J. Exp. Biol.*, **34**, 334-341.

MITTLER T E., 1958 *a*. A studies on the feeding nutrition of *Tuberolachnus salignus* (GMELIN) Hom. Aphididae. The nitrogen and sugar composition of ingested phloem sap and excreted honeydew. *J. Exp. Biol.*, **35**, 74-84.

MITTLER T. E., 1958 *b*. Studies on the feeding and nutrition of *Tuberolachnus salignus* (GMELIN). Aphididae. The nitrogen economy. *J. Exp. Biol.*, **35**, 626-638.

MITTLER T. E., 1967 *a*. Effect of amino acid and sugar concentrations on the food uptake of the aphid *Myzus persicae*. *Ent. Exp. Appl.*, **10**, 39-51.

MITTLER T. E., 1967 *b* Gustation of dietary amino acids by the aphids *Myzus persicae*. *Entomol. Exp. appl.*, **10**, 87-96.

MITTLER T. E., 1967 *c*. Effect on aphid feeding of dietary methionine. *Nature*, **214**, 386.

MITTLER T. E., DADD R. H., 1962. Artificial feeding and rearing of the aphid *Myzus persicae* (SULZER) on a completely defined synthetic diet. *Nature*, **195**, 404.

MITTLER T. E., DADD R. H., 1963 *a*. Studies on the artificial feeding of the aphid *Myzus persicae* (SULZER). I. Relative uptake of water and sucrose solutions. *J. Insect. Physiol.*, **9**, 623-645.

MITTLER T. E., DADD R. H., 1963 *b*. Studies on the artificial feeding of the aphid *Myzus persicae* (SULZER). II. Relative survival, development and larviposition on different diets. *J. Insect. Physiol.*, **9**, 741-757.

MITTLER T. E., DADD R. H., 1964 *a*. Gustatory discrimination between liquids by the aphid *Myzus persicae*. *Entomol. Exp. appl.*, **7**, 315-328.

MITTLER T. E., DADD R. H., 1964 *b*. An improved method for feeding aphids on artificial diets. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **57**, 139-140.

MITTLER T. E., DADD R. H., 1965. Differences in the probing responses of *Myzus persicae* (SULZER) elicited by different feeding solutions behind a parafilm membrane. *Entomol. exp. appl.*, **8**, 107-122.

MITTLER T. E., DADD R. H., 1966 *a*. Food and wing determination in *Myzus persicae* (Homoptera Aphididae). *Ann. N. Y. Entomol. Soc. Amer.*, **59**, 1162-1166.

MITTLER T. E., DADD R. H., 1966 *b*. Permanent culture of an aphid on a totally synthetic diet *Myzus persicae*. *Experientia*, **22**, 12, 832-33.

MITTLER T. E., PENNEL T. T., 1964. Simple screening test for systemic insecticides. *J. econ. Entomol.*, **57**, 302-303.

OSBORNE D. T., 1962. Effect of kinetin on protein and nucleic acid metabolism in *Xanthium* leaves during senescence. *Plant physiol.*, **37**, 595-602.

PARRY W. H., FORD J. B., 1967. The artificial feeding of phosphamidon to *Myzus persicae*. I. Intraspecific differences exhibited by this aphid on feeding through a parafilm membrane. *Entomol. Exp. appl.*, **10**, 437-452.

PARRY W. H., FORD J. B., 1969. The artificial feeding of phosphamidon to *Myzus persicae*. II. The effects of phosphamidon on liquid uptake through a parafilm membrane. *Entomol. exp. appl.*, **12**, 1-18.

PIRONE T. P., 1964. Aphid transmission of a purified stylet-born virus acquired through a membrane. *Virology*, **23**, 107-108.

PIRONE T. P., MEGAHED E. S., 1966. Comparative transmission of cucumber mosaïc virus acquired by aphids from plants or through a membrane. *Phytopathology*, **56**, 1420-21.

RETNAKARAN A., BECK S. D., 1967. Aspects of mineral nutrition of the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*. *J. Nutrition*, **92**, 43-52.

RETNAKARAN A., BECK S. D., 1968. Amino-acids requirements and sulfur amino-acid metabolism in the pea aphid *Acyrthosiphon pisum* (HARRIS). *Comp. Biochem. Physiol.*, **24**, 611-619.

SCUFLAIRE R., BREBION G., 1967. Action de la kinetine sur le vieillissement physiologique de la feuille de vigne isolée. *Med. R. Land. Gent*, 824-832.

SHANKS, FINNIGAN, 1969. Behavior survival and reproduction of the strawberry aphid on holidic diets and host and non host plants. *Chaetosiphon fragaefolii*. *Ann. Entomol., Soc. Amer.*, **62**, 1490-92.

STRONG F. R., SAKAMATO S. S., 1963. Some amino acid requirements of the green peach aphid *Myzus persicae* (SULZER) determined with glucose UC_{14}. *J. Insect. Physiol.*, **9**, 875-879.

SUTHERLAND O. R. W., MITTLER T. E., 1969. Sexual forms of the pea aphid *Acyrthosiphon pisum* produced on an artificial diet. *Entomol. Exp. Appl.*, **12**, 240-241.

SUTTER G. R., KIECKHEFER R. W., 1969. Performance of the english grain aphid on sterilized and unsterilized artificial diet. *J. Econ. Entomol.*, **62**, 254-55.

TUKEY H. B., 1969. Implications of allelopathy in agricultural plant Science. *Bot. Rev.*, **35**, 1-15.

TUKEY H. B. jr, MORGAN T. V., 1963. Injury to foliage and its effect upon the leaching of nutrients from above ground plant parts. *Physiol. Plant.*, **16**, 557-65.

UDVARDY J., HORVATH M., KISBAN K., DEZSI L., FARKAS G. L., 1964. Alteration of enzyme activities in detached leaves and their counteraction by kinetin. *Experienta*, **20**, 214-215.

VAGO C., LAPORTE M., 1965. Microscopie électronique des symbiontes globuleux des Aphides. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, (N. S.), **1**, 181-196.

VAN EMDEM H. F., 1967. An increase in the longevity of adult *Aphis fabae* fed artificially through parafilm membranes in liquid under pressure. *Entomol. exp. appl.*, **10**, 166-171.

WEARING C. A., 1968. Responses of aphids to pressure applied to liquid diet behind parafilm membrane. Longevity and larviposition of *Myzus persicae* and *Brevicoryne brassicae* feeding on sucrose and sinigrin solution. *New. Zealand. J. Sci.*, **11**, 105-121.

WENSLER R.. J. D., 1962. Mode of host selection by an aphid. *Nature*, **195**, 830-31.

ZETTLER F. W., 1967. A comparison of species of Aphididae with species of other aphides families regarding virus transmission and possible behaviour. *Phytopathology*, **57**, 398-400.

ZIEGLER H., 1968. L'abeille et la fleur. II. Le miel. *Traité de biologie de l'Abeille*. Rémy Chauvin, Tome 3, 205-217. Masson et Cie Paris.

ZIMMERMANN M. H., 1960. Absorption and translocation : transport in the phloem. *Rev. Plant. Physiol.*, **11**, 167-190.

Ann. Zool. Écol. anim., 1971, **3** (1), 125-126.

INFORMATIONS

GROUPE DE TRAVAIL « RELATIONS HÔTES-PARASITES »

Le groupe de travail consacré aux relations « Hôtes-parasites » s'est réuni à la Station centrale de Zoologie, C. N. R. A., Versailles le 2 octobre 1970.

Une trentaine de chercheurs assistaient à cette journée au cours de laquelle furent présentées les communications suivantes :

BONNOT G. — Aspects de la nutrition protidique de *Phryxe caudata*.

BOULETREAU M. — Métabolisme respiratoire de *Pteromalus puparum* (Hym. Chaliïdien) au cours du développement et influence de la densité de population.

CALS-USCIATI Josette. — Effects réciproques entre le développement de l'hôte, *Ceratitis capitata*, et celui de son parasite *Opius concolor*.

CARTON Y. — Perception de l'hôte chez *Pimpla instigator* (Ichneumonide).

FRESNEAU M. — Comparaison du spectre parasitaire et du mode d'évolution de deux Tachinaires parasites de Scarabéides.

HAWLITZKY Nicole. — Caractères respiratoires et pondéraux des chenilles d'*Anagasta kuehniella* ZELL. (Lep. *Pyralidae*) saines ou parasitées par *Phanerotoma flavitestacea* FISH. (Hym. *Braconidae*).

JOURDHEUIL P. — Quelques aspects des relations hôtes-parasites chez le genre *Microctonus* (Hym. *Braconidae, Euphorinae*).

LAUMOND C. — Hétérogonie et adaptations morphologiques chez un nématode parasite de *Baris caerulescens*.

MICHEL Marie-France. — L'adaptation d'*Aphelinus asychis* WALKER (Hym. *Aphelinidae*) à certains de ses hôtes naturels (Hom. *Aphididae*).

ONILLON J.-C. — Interrelations hôtes-parasites chez les ecto- et endoparasites de Psylles.

Ces textes ont été reproduits en polycopie et peuvent être obtenus auprès de Mlle HAWLITZKY, Département de Zoologie, C. N. R. A., route de Saint-Cyr, Versailles.

Le travail de S. WARKIEVI-GARNIER et J.-C. LÉONIDE : « Résultats préliminaires de recherches sur la castration parasitaire et l'existence d'un éventuel relai endocrinien dans la castration des criquets infestés par des Diptères » paraîtra dans les *Annales de Zoologie-Écologie animale*, vol. 3, fasc. 3, 1971.

SOCIÉTÉ DE PATHOLOGIE DES INVERTÉBRÉS

La 4e Réunion annuelle de la *Société de Pathologie des Invertébrés* aura lieu du 16 au 19 juin 1971 à l'Université de Montpellier. En liaison avec cette manifestation, la Commission de Pathologie et de Lutte microbiologique de l'Organisation Internationale de Lutte biologique (O. L. I. B.) organise un Symposium sur l'Épizootiologie et l'Écologie des germes entomopathogènes.

Le Comité chargé de l'établissement du programme souhaiterait voir développer les sujets suivants :

Pathologie comparée — Pathologie des insectes nuisibles — Pathologie des Invertébrés marins.

Les inscriptions, manuscrits, demandes de logement doivent être adressées à :

M. Bergoin, 4e réunion annuelle de la Société de Pathologie des Invertébrés, Station de Recherches cytopathologiques, 30 - Saint-Christol-lès-Alès, France.

ANNOUNCEMENT

The 4th Annual Meeting of the Society for Invertebrate Pathology will be held at the University of Montpellier, France on June 16-19, 1971. In conjuction with this meeting, the Commission of Insect Pathology and biological Control of the « Organisation Internationale de Lutte Biologique » (O. I. L. B.) will organize a symposium on Epizootiology and Ecology of Insect Pathogens.

The Program Commitee would like to emphasize the following topics : Comparative Pathology — Pathology of Insect Pests — Pathology of Marine Invertebrates.

Applications for registration, papers to submit and accomodation should be sent to Dr Max Bergoin, 4th Annual Meeting of the S. I. P., Station de Recherches Cytopathologiques, 30 - Saint-Christol-lès-Alès, France.

Ann. Zool. Écol. anim., 1971, **3** (1), 127.

CHRONIQUE DES LIVRES

MOREAU (C.), BOURON (H.), KERN (L.), FABRE (P.) et PÉLISSIER (P.). — LA RÉGLEMENTATION FRANÇAISE DES PESTICIDES AGRICOLES. — Fédération Nationale des Groupements de Protection des Cultures, Paris, 1969, 249 p.

Les méthodes mises en œuvre à l'heure actuelle pour combattre les divers parasites des cultures font appel à des produits chimiques dont la multiplicité pose, de par leur emploi en agriculture, des problèmes de protection de la santé publique.

Dès 1845, les substances vénéneuses font l'objet d'une réglementation ; en 1903, une loi a prévu les dispositions nécessaires pour garantir les utilisateurs contre les tentatives de tromperie et en 1943 la loi sur l'homologation obligatoire des spécialités antiparasitaires à usage agricole a été instituée.

Ce sont tous ces textes codifiés et remis à jour, que l'on trouvera dans cette brochure.

L'ouvrage comporte trois grandes divisions : Homologation des spécialités phytosanitaires, Substances vénéneuses, Répressions des fraudes concernant le commerce des produits utilisés contre les ravageurs des cultures.

Deux tables permettent de retrouver facilement le texte recherché ou la substance toxique ou dangereuse réglementée dans chacune de ces divisions :

— la table chronologique des textes repris dans ce recueil ;

— la table analytique des textes relatifs aux substances vénéneuses dont l'emploi est réglementé en agriculture.

En annexe sont données des indications complémentaires :

— délais d'emploi des pesticides pour le traitement sur pied des végétaux dont la récolte est consommable ;

— liste des insecticides reconnus non dangereux pour les abeilles ;

— l'étiquetage et les mentions sur emballages des spécialités antiparasitaires à usage agricole ;

— les adresses utiles.

Un index alphabétique général termine l'ouvrage.

M. F.

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 27, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles séparées seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — *le titre du mémoire :* il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs,* précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ; — *le nom de l'établissement,* dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :
a) *résumé:* (250 mots max) suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé,* en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats,* à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusion ;* f) *résumé* en anglais ou destiné à être traduit en anglais comportant une analyse *complète* de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborations, les fonds les dons...; h) *références bibliographiques.*

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un résumé français très *complet.* Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de et *al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) : le titre du périodique en abrégé, selon la *World List of Scientific Periodicals,* ou le *Bulletin Signalétique du C. N. R. S.* ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d'« Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponible est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés *à l'état de projets,* leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : *soit* × 0,5, *soit* × 0,25.

Il est rappelé que le format utile des Annales est : 12,5 × 19,5 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos 9 × 12,4 photos 9 × 55, 6 photos 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur feuilles séparées et porter les numéros des figures.

Correction des épreuves : les auteurs recevront une épreuve à corriger.

Envoi du manuscrit : M. BILIOTTI, Centre national de Recherches agronomiques, 78 - Versailles, France. On demande deux exemplaires.

ZOOLOGIE.

Le Directeur de la publication: M.-L. CAGNAC

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 5-1971

Dépôt légal: 2e *trimestre 1971. N° d'impression:* 371.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

PÉRIODIQUES

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1971	France	Étranger	Le N°
ANNALES AGRONOMIQUES, 6 nos par an	125 F	135 F	25 F
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE PHYTOPATHOLOGIE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE ZOOLOGIE - ÉCOLOGIE ANIMALE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE ZOOTECHNIE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DES SCIENCES FORESTIÈRES, 4 nos par an	75 F	80 F	25 F
ANNALES DE GÉNÉTIQUE ET DE SÉLECTION ANIMALE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE RECHERCHES VÉTÉRINAIRES, 2 nos par an	50 F	55 F	35 F
ANNALES D'HYDROBIOLOGIE, 2 nos par an	50 F	55 F	35 F

APIDOLOGIE, 4 nos par an — Abonnement : France : 30 F
Étranger sauf R. F. A. : 35 F
— Le numéro : France : 9 F
Étranger sauf R. F. A. : 10 F

PUBLICATIONS NON PÉRIODIQUES

Prix T. T. C.

Recherches d'économie et de sociologie rurales :

N° 1; n° 2; le numéro : ..... **10,77 F**
Souscription pour les 4 premiers numéros : ..... **33,66 F**

Recherches vétérinaires :

N° 1; n° 2; n° 3; le numéro : ..... **21,45 F**

Recherches d'hydrobiologie continentale :

Le n° 1 : ..... **16,12 F**

DERNIERS OUVRAGES PARUS

Comptes rendus de la 4e Conférence trisannuelle de l'Association européenne pour la Recherche sur la pomme de terre, Brest, 8-13 septembre 1969.

298 p., 1970 ..... **48,37 F**

Colloques franco-soviétique sur l'utilisation des entomophages, Antibes, mai 1968.

134 p., 1970 ..... **35,00 F**

Symposium sur la physiologie de la coquille de l'œuf.

280 p., 1970 ..... **70,00 F**

Carte pédologique de France au 1/100.100. Vichy — L 15 et notice explicative par J.-C. Favrot.

160 p., 1970 ..... **53,75 F**

Recherches sur l'induction expérimentale de naissances gémellaires chez les bovins.

157 p., 1970 ..... **40,00 F**

Essai de classification et de nomenclature des virus, par **H. Lapierre et D. Spire.**

110 p., 1969 ..... **35,00 F**

Deuxième Congrès de l'Union phytopathologique méditerranéenne, Avignon-Antibes, 21-27 septembre 1969.

470 p., 1969 ..... **90,00 F**

Colloque sur les manifestations inflammatoires et tumorales chez les Invertébrés, Versailles, 19 décembre 1967.

134 p., 1969 ..... **40,00 F**

Les techniques de mycologie en pathologie végétale, par **F. Rapilly.**

107 p., 1968 ..... **15,00 F**

Les demandes d'abonnements et les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut national de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78 - Versailles.
Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U. N. E. S. C. O.
Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.
A Paris, bureau de vente : 11, rue Jean-Nicot, 7e.

Ann. Zool. Écol. anim., 1971, **3** (1).

TABLE DES MATIÈRES

B. SIGWALT. — Les études de démographie chez les Cochenilles Diaspines. Applications à trois espèces nuisibles à l'Oranger en Tunisie. Cas particulier d'une espèce à générations chevauchantes : *Parlatoria ziziphi* LUCAS 5

A. VEY. — Étude des réactions cellulaires anticryptogamiques chez *Galleria mellonella* L. : structure et ultrastructure des granulomes à *Aspergillus niger* V. TIEGH 17

G. FAUVEL. — Influence de l'alimentation sur la biologie d'*Orius* (*Heterorius*) *vicinus* RIBAUT (*Heteroptera, Anthocoridae*) 31

L.-M. DE REGGI. — Interactions entre le comportement alimentaire et le comportement de reproduction du puceron *Myzus persicae* 43

D.-A. GRIFFITHS, D. MACFARLANE, J.-G. SHEALS. — The scanning electron microscope in Acarology (Le microscope électronique « à balayage » en Acaralogie) 49

D. MARTOURET, P. ANGLADE. — *Bacillus thuringiensis* dans la lutte contre la Pyrale du Maïs, *Ostrinia nubilalis* HUBN. (Lépidoptères, Pyralidés) 57

J. COULON. — Toxicités comparées de diverses substances pour des acariens phytophages (*Tetranychus urticae* K.) résistant ou non au parathion éthyle 69

G. MARCUZZI, J. D'AGUILAR. — Catalogue raisonné des Insectes des Antilles françaises. III. — Coléoptères : *Tenebrionidae* 79

M. LUC, A. DALMASSO. — *Dolichodorus cassati* n. sp. (*Nematoda* : *Tylenchida*) 97

Mise au point bibliographique.

G. MASSONIÉ. — L'élevage des Aphides sur milieu synthétique 103

Informations 125

Chronique des livres 127

CONTENTS

B. SIGWALT. — Demographic studies of Diaspine Scales. Applications to three species noxious for orange trees in Tunisia. Particular case of a species with overlapping generations : *Parlatoria ziziphi* LUCAS 5

A. VEY. — Studies of anticryptogamic cellular reactions in *Galleria mellonella* L. : structure and ultrastructure of granulomes resulting from the infection by *Aspergillus niger* V. TIEGH 17

G. FAUVEL. — The influence of food on the biology of *Orius vicinus* RIBAUT (*Heteroptera, Anthocoridae*) 31

L.-M. DE REGGI. — Larviposition response of mature viviparae of *Myzus persicae* after treatments which inhibit the food uptake 43

D.-A. GRIFFITHS, D. MACFARLANE, J.-G. SHEALS. — The scanning electron microscope in Acarology 49

D. MARTOURET, P. ANGLADE. — *Bacillus thuringiensis* in the control of Corn Borer *Ostrinia nubilalis* HUBN. 57

J. COULON. — Compared toxicities of different substances for phytophagous mites (*Tetranychus urticae* K.) resistant or not to parathion ethyle 69

G. MARCUZZI, J. D'AGUILAR. — Descriptive catalogue of the insects of the french West Indies. III. — Col. *Tenebrionidae* 79

M. LUC, A. DALMASSO. — *Dolichodorus cassati* n. sp. (*Nematoda* : *Tylenchida*) 97

Bibliographical review.

G. MASSONIÉ. — The rearing techniques of Aphids on synthetic diets 103

Information 125

Book review 127

Les Annales de Zoologie-Écologie animale figurent dans Current Contents

I N. I. 036059.